



Abschlussbericht zum Verbundprojekt

Optimierung des Anbauverfahrens für Ganzpflanzengetreide inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogaserzeugung

Dieses Verbundvorhaben wird vom BMELV über
die FNR gefördert und seitens der TLL koordiniert.

Projekt-Nr.: 22012908

Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

Optimierung des Anbauverfahrens Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogaserzeugung

Zuwendungsempfänger und ausführende Stelle:

**Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) - Thüringer Zentrum
Nachwachsende Rohstoffe**

Förderkennzeichen:

08NR129 bzw. 22012908

Laufzeit:

15.09.2008 bis 29.02.2012

Datum der Veröffentlichung: Juli 2012

Gefördert durch:



Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMELV für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Projektlaufzeit:	15.09.2008 – 29.02.2012
Berichtszeitraum:	15.09.2008 – 29.02.2012
Projektleitung und Koordination:	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)
Beteiligte:	<ul style="list-style-type: none"> • Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) • Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg (LELF) • Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA) • Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (Haus Düsse) • Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB)
Projektleiter:	Dr. habil. Armin Vetter (stellvertretender Präsident der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft)
Bearbeiter:	Dipl. Biol. Roland Bischof

Inhaltsverzeichnis

I. ZIELE (KURZDARSTELLUNG).....	5
I.1 AUFGABENSTELLUNG	5
I.2 PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS	6
I.2.1 Standortcharakteristik anhand von bodenphysikalischen und klimatischen Kenngrößen der Versuchsstandorte.....	6
I.2.2. Versuchsaufbau und -durchführung	8
I.2.2.1 Beteiligung der Projektpartner an den einzelnen Teilversuchen	8
I.2.2.2 Verwendete Getreidesorten.....	9
I.2.2.3 Lagepläne.....	9
I.2.2.4 Bewirtschaftung	9
I.2.3 Datenerhebung: Bonituren und Probenahmen	10
I.3 STAND DER TECHNIK.....	10
I.4 VERWENDETE FACHLITERATUR.....	11
II. ERGEBNISSE	12
II.1 ERZIELTE ERGEBNISSE	12
II.1.1 Allgemeine Betrachtungen zur artspezifischen Ertragsentwicklung, Standort- und Witterungseinflüssen sowie Erntezeitpunkten.....	12
II.1.2 Sorten und Sortenmischungen (Teilversuch 1).....	14
II.1.3 Einsatz von Fungiziden und Wachstumsreglern (Teilversuch 2.1)	16
II.1.4 Herbizideinsatz (Teilversuch 2.2).....	18
II.1.5 Artenmischungen (Teilversuch 3).....	20
II.1.6 Futtermittelanalytik (Weender-Analyse), Bestimmung der Inhalts- und Nährstoffe.....	21
II.1.7 Methanausbeuten, Methangehalte und daraus resultierende Hektarerträge.....	23
II.1.8 Zusammenfassung und Empfehlung	26
II.2 VERWERTUNG	28
II.3 ERKENNTNISSE VON DRITTEN	28
II.4 VERÖFFENTLICHUNGEN	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der einzelnen Kosubstratergänzungen zu Silomais	5
Tabelle 2: Übersicht zu Boden- u. Klimakenngrößen der einzelnen Versuchsstandorte	7
Tabelle 3: Beteiligung der Projektpartner an den einzelnen Teilversuchen	8
Tabelle 4: Sortenwahl.....	9
Tabelle 5 Trockenmasse-Erträge der Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren und Standorten in Abhängigkeit der Behandlung mit Fungiziden und Wachstums- reglern (Teilversuch 2.1).....	17
Tabelle 6: Trockenmasse-Erträge der Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren und Standorten in Abhängigkeit der Behandlung mit Herbiziden (Teilversuch 2.2).	19
Tabelle 7: Methanausbeuten in Abhängigkeit von Fruchtart und Herbizidbehandlung	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der einzelnen Projektpartner	6
Abbildung 2: Temperaturverlauf der vier Standorte während der Vegetationszeit (2008-2011).....	7
Abbildung 3: Niederschlagsverlauf der vier Standorte während der Vegetationszeit (2008-2011).....	8
Abbildung 4: Ganzpflanzenerträge in Abhängigkeit von Getreideart & Standort, 2009-2011 (mean \pm s.d., n=12).	12
Abbildung 5: Erntezeitpunkte von Ganzpflanzengetreide in Abhängigkeit von Standort, Fruchtart & Versuchsjahr.	13
Abbildung 6: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) in den Erntejahren 2009, 2010 und 2011 (von hell nach dunkel) für Wintergerste im Teilversuch 1 – Sorten- und Sortenmischungen (Mittelwert + Standardabweichung). ...	14
Abbildung 7: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) in den Erntejahren 2009, 2010 und 2011 (von hell nach dunkel) für Winterroggen im Teilversuch 1 – Sorten- und Sortenmischungen (Mittelwert + Standardabweichung). ...	15
Abbildung 8: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) in den Erntejahren 2009, 2010 und 2011 (von hell nach dunkel) für Wintertriticale im Teilversuch 1 – Sorten- und Sortenmischungen (Mittelwert + Standardabweichung). ...	16
Abbildung 9: Häufig aufgetretene Pilzkrankheiten: (a) <i>Rhynchosporium secalis</i> [Blattflecken], (b) <i>Blumeria graminis</i> [Echter Mehltau], (c) <i>Drechslera teres</i> [Netzflecken]; (d) <i>Septoria tritici</i>	16
Abbildung 10: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) im Mittel der Versuchsjahre und -standorte im Teilversuch 2.1 –Einsatz von Fungiziden & Wachstumsreglern; WG = Wintergerste, WR = Winterroggen, WT = Wintertriticale.	17
Abbildung 11: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) im Mittel der Versuchsjahre und -standorte im Teilversuch 2.2 – Herbizideinsatz; WR = Winterroggen, WT = Wintertriticale.....	18
Abbildung 12: Typische Herbstunkräuter (von links oben nach rechts unten): Rote Taubnessel (<i>Lamium purpureum</i>), Ackerstiefmütterchen (<i>Viola arvensis</i>), Vogelmiere (<i>Stellaria media</i>), Erdrauch (<i>Fumaria officinalis</i>), Ehrenpreis (<i>Veronica spec.</i>), Klettenlabkraut (<i>Galium aparine</i>).	20
Abbildung 13: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) im Mittel der Versuchsjahre und der beiden Standorte Haufeld und Haus Düsse für die Artenmischungen im Teilversuch 3.	20
Abbildung 14: Einfluss von Fruchtart, Anbaujahr und Standort auf die inhaltstoffliche Zusammensetzung der Biomasseproben. Dargestellt ist der prozentuale Anteil [Median] der einzelnen Fraktionen an der Gesamttrockensubstanz der Frischmasseproben.	21
Abbildung 15: Einfluss von Fruchtart, Anbaujahr & Standort auf die Kohlenhydratzusammensetzung in den Biomasseproben. Dargestellt ist der prozentuale Anteil [Median] einzelner Fraktionen an der Trockensubstanz.	22
Abbildung 16: Einfluss von Fruchtart, Anbaujahr und Standort auf die Nährstoffzusammensetzung der Biomasseproben. Dargestellt ist der prozentuale Anteil [Median] der Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg), Schwefel (S) und Kalzium (Ca) an der Gesamttrockenmasse.....	23
Abbildung 17: Abhängigkeit der Methanausbeuten & Trockensubstanzgehalte von der jeweiligen Wintergetreideart bzw. -mischung an zwei Standorten (Haufeld und Haus Düsse) nach 3 Versuchsjahren.....	24
Abbildung 18: Einfluss des Trockensubstanzgehalts der einzelnen Fruchtarten auf deren Methanausbeuten	25
Abbildung 19: Einfluss der jeweiligen Wintergetreideart bzw. -mischung auf den Methanhektarertrag. Mittelwerte aus 3 Versuchsjahren und den beiden Standorten Haufeld (TH) und Haus Düsse (NRW).....	25

I. ZIELE (KURZDARSTELLUNG)

I.1 AUFGABENSTELLUNG

Die regenerative Energieerzeugung in der Landwirtschaft gewinnt mit dem Ausbau der Biogasproduktion immer mehr an Bedeutung. Beispielsweise hat sich die Zahl deutscher Biogasanlagen in den letzten fünf Jahren in etwa verdoppelt und die installierte Leistung sogar verdreifacht. Einhergehend mit dieser Entwicklung ist die Nachfrage nach Biogas-Kosubstraten (vorwiegend Mais) enorm gestiegen und in Folge dessen wurden auch deren Anbauflächen ausgeweitet. Derzeit wird vor allem Silomais zur Biogaserzeugung genutzt, welcher gegenwärtig sowohl hinsichtlich der Flächenproduktivität (Döhler und Hartmann, 2010), als auch bezüglich Energieausbeute und Wirtschaftlichkeit (Janzing, 2010) das effizienteste Biogassubstrat darstellt. Der zunehmende Maisanteil in Fruchtfolgen führt jedoch regional vermehrt zu Akzeptanzproblemen in der Bevölkerung, zu Humuszehrung und Bodenerosion sowie auch zur Zunahme fruchtfolgebedingter Schaderreger. Dieses wurde in der EEG-Novelle 2012 durch die Begrenzung des Mais- und Getreideanteil am Substrateinsatz in Biogasanlagen auf 60% berücksichtigt. Folglich dürfte sich neben einer verstärkten Gülle- und Reststoffnutzung die Entwicklung hin zu einem erweiterten Kosubstratspektrum fortsetzen. Als ökonomisch und ökologisch attraktive Kosubstratergänzungen zu Mais kommen zum gegenwärtigen Zeitpunkt vor allem Getreideganzpflanzensilagen (GPS), Grassilagen und Getreidekorn in Biogasanlagen zum Einsatz. Bei Betrachtung der jeweiligen Vor- und Nachteile dieser ergänzenden Kosubstrate (Tabelle 1) wird ersichtlich, welche Bedeutung dem Ganzpflanzengetreide zukünftig zukommt. Während Grassilage die Biodiversität deutlich erhöht und besonders zur Humusreproduktion beiträgt und Getreidekorn das transportwürdigste Kosubstrat darstellt, kann Ganzpflanzengetreide mit geringem Aufwand und Kosten produziert werden, Erosionsschutz leisten und Engpässe in der Substratversorgung der Biogasanlagen kompensieren. Aufgrund des extensiven Anbauverfahrens ist Ganzpflanzengetreide das einzige Kosubstrat für Biogasanlagen, welches annähernd die Substratbereitstellungskosten vom Silomais erreicht, allerdings bei geringerer Flächenproduktivität (Döhler und Hartmann, 2010). Daher ist es nachvollziehbar, dass in den nächsten Jahren vor allem eine Ausweitung des Anbauumfanges von GPS-Getreide prognostiziert wird (Laurenz, 2010). Im vorliegenden Projekt wurden spezielle Arten- und Sortenmischungen für den Ganzpflanzengetreideanbau untersucht, welche sich durch hohe Erträge, gute Standfestigkeit, geringe Krankheitsanfälligkeit und hohe Biogaserträge auszeichnen.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der einzelnen Kosubstratergänzungen zu Silomais

Kosubstrat	Grassilage	Ganzpflanzengetreide	Getreidekorn	Zuckerrüben
Vorteile	Große Artenvielfalt Humusreproduktion N-Anreicherung Erosionsminderung	Geringer Arbeitsaufwand Niedrige Produktionskosten Erosionsminderung Auflockerung enger Fruchtfolgen Risikostreuung Brechen von Arbeitsspitzen	Hohe Transportwürdigkeit Hohe Energiedichte	Hohe Hektarerträge Hohe CH ₄ -Ausbeute Geringe Verweilzeiten
Nachteile	Heterogenität Hoher Arbeitsaufwand aufgrund mehrerer Schnitte z. T. hoher Ligningehalt (geringe CH ₄ -Ausbeute)	Erhöhung des Getreideanteils in Fruchtfolgen Eventuelle Gefährdung von Bodenbrütern	Verfügbarkeit abhängig von Marktpreis Hohe Produktionskosten	Reinigung Hohe Produktionskosten Lagerungsverluste

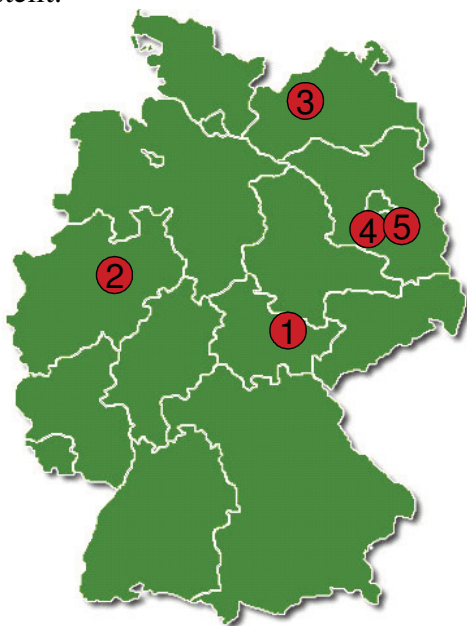
Weitere Untersuchungen galten der Verbesserung der Effizienz und Umweltverträglichkeit des Produktionsverfahrens. Die Häufigkeit des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln (einerseits Fungizide und Wachstumsregler und andererseits Herbizide) wurde variiert, um ökonomische und ökologische Auswirkungen der Reduktionsstrategien im Bereich Pflanzenschutz zu ermitteln. Dabei sollten neue Erkenntnisse hinsichtlich möglicher Pflanzenschutzmitteleinsparungen gewonnen sowie Aussagen zur relativen Vorzüglichkeit einzelner Wintergetreidearten und geeigneter Artenmischungen getroffen werden. Mit Abschluss des Projektes sollten ergänzende Empfehlungen für den Ganzpflanzengetreideanbau in die Regionalbroschüren der beteiligten Partnerländer, welche im Rahmen des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ (EVA) zu erstellen waren, aufgenommen werden. Zur Beantwortung der geschilderten Fragestellungen und zur Erreichung der dargestellten Ziele wurden an den vier Standorten Haufeld (Thüringen), Haus Düsse (Nordrhein-Westfalen), Güterfelde (Brandenburg) und Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern) im Zeitraum von 2008 bis 2011 folgende Fragestellungen analog in Parzellenversuche untersucht:

- Teilversuch 1: Ermittlung standortgerechter Sorten und Sortenmischungen für eine effiziente und umweltgerechte Getreideganzpflanzenproduktion
- Teilversuch 2.1: Verbesserung der Effizienz und Umweltverträglichkeit des Produktionsverfahrens durch angepassten Einsatz von Fungiziden und Wachstumsreglern
- Teilversuch 2.2: Verbesserung der Effizienz und Umweltverträglichkeit des Produktionsverfahrens durch angepassten Herbizideinsatz
- Teilversuch 3: Verbesserung der Biodiversität und Ertragsstabilität durch den Anbau von Getreideartenmischungen

I.2 PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS

I.2.1 Standortcharakteristik anhand von bodenphysikalischen und klimatischen Kenngrößen der Versuchsstandorte

Eine Übersicht der am Verbundvorhaben beteiligten Projektpartner ist in Abbildung 1 dargestellt.



- 1.) Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Versuchsstation Haufeld
- 2.) Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Düsse
- 3.) Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow
- 4.) Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Güterfelde
- 5.) Agrartechnik Bornim (ATB), Potsdam-Bornim (Batch-Gärtests)

Abbildung 1: Übersicht der einzelnen Projektpartner

Die in das Projekt integrierten Standorte repräsentieren verschiedene Anbauregionen Deutschlands. Diese sind charakterisiert durch eine unterschiedliche Bodenontogenese und Ertragsfähigkeit, welche auf spezifische Bodentypen und Arten mit unterschiedlichen Wasserspeichervermögen und Nährstoffgehalten zurückzuführen sind (Tabelle 2). Dies wird besonders deutlich an den Ackerwertzahlen (AZ) der einzelnen Standorte, die sich zum Teil erheblich unterscheiden. Haus Düsse verfügt diesbezüglich über die ertragreichsten Böden. Neben den Bodenmerkmalen unterscheiden sich die vier Standorte ebenfalls hinsichtlich ihrer Höhenlage. Haufeld ist der einzige Standort in Hügelland- bis Mittelgebirgslage, während die anderen Standorte in der Ackerebene liegen. Dies erklärt auch die niedrige Jahresdurchschnittstemperatur in Haufeld (7,6°C), verglichen mit den anderen Standorten (Ø 9,1°C, Abb.2).

Tabelle 2: Übersicht zu Boden- u. Klimakenngrößen der einzelnen Versuchsstandorte (Anlage 2009)

Standorte	TH Haufeld	NRW Haus Düsse	MV Gülzow	BB Güterfelde
Bodentyp	Berglehm-Rendzina, Löß-Fahlerde	Gley-Parabraunerden und Parabraunerden-Gleye	Parabraunerde	Salm- bis Tiefsalmlehm - Fahlerde
Bodenart	Lt _{2,3} - toniger Lehm	Ut _{2,4} - toniger bis stark toniger Schluff	Sl - lehmiger Sand	Sl - lehmiger Sand
Boden-Klima-Raum	Verwitterungsböden der Übergangslagen	Oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland	Mittlere, diluviale Böden Mecklenburg-Vorpommerns und der Uckermark	Trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes
AZ	36-42	58-78	48	29-33
Mittlerer Niederschlag (mm)	624	790	559	545
Jahresdurchschnittstemperatur (°C)	7,6	9,8	8,5	9,1
Höhenlage (m ü. NN)	430	70	10	43

Temperaturverlauf

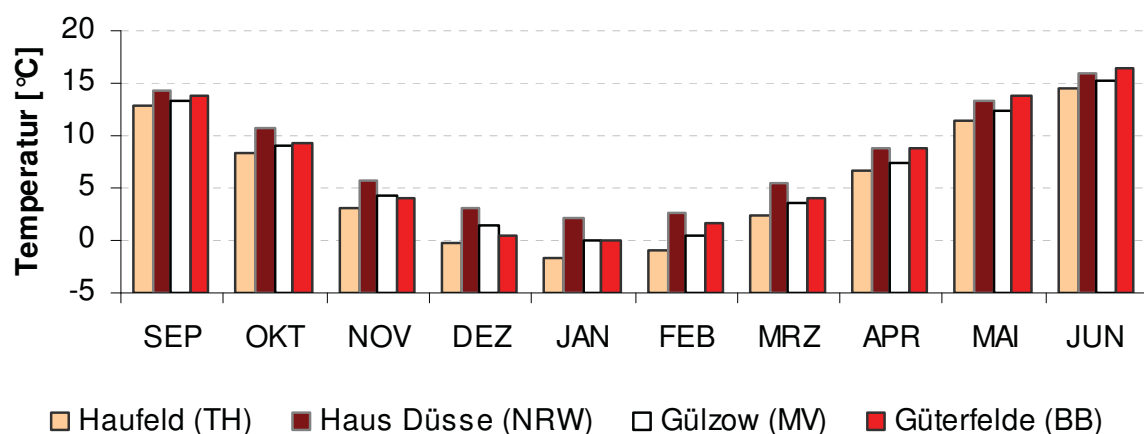


Abbildung 2: Temperaturverlauf der vier Standorte während der Vegetationszeit (2008-2011).

Aus diesem Grunde weist der Thüringer Standort auch die längste Vegetationsruhe auf. Dem gegenüber ist Haus Düsse von deutlich milderen Temperaturen geprägt (Jahresdurchschnitt: 9,8°C). Im Mittel der Versuchsjahre 2008-2011 werden in Haus Düsse nur von Dezember bis Februar die für die Vegetationsruhe charakteristischen 5°C unterschritten, während dies in Haufeld bereits ab November sowie bis einschließlich März der Fall ist. Daher muss vor allem am Thüringer Standort häufig mit einer verzögerten Frühjahrsentwicklung und einer einge-

schränkten Bestockung gerechnet werden. Die Versuchsstandorte Haufeld und Gülzow weisen im Vergleich zu Haus Düsse und Güterfelde kühlere Frühlings- und Frühsommertemperaturen auf. Neben dem Temperaturniveau unterscheidet sich vor allem die Niederschlagsmenge und -verteilung an den einzelnen Versuchsstandorten (Abb. 3). Betrachtet man deren mittleren Jahresniederschlag, so können Haufeld, Güterfelde und Gülzow (Ø 559 mm/a) als gemäßigt trocken bezeichnet werden, während Haus Düsse mit einer Jahresniederschlagssumme von 790 mm als gemäßigt feuchter Standort anzusehen ist. Während in den Versuchsjahren 2008 bis 2011 in den Herbstmonaten eher überdurchschnittliche Niederschläge gemessen wurden, dominierten im Frühjahr in Abhängigkeit von Standort und Jahr unterschiedlich stark ausgeprägte Niederschlagsdefizite, welche vor allem an schwächeren Standorten die Bodenvasservorräte schnell aufbrauchten und zu Ertragsdefiziten führen konnten.

Niederschlagsverlauf

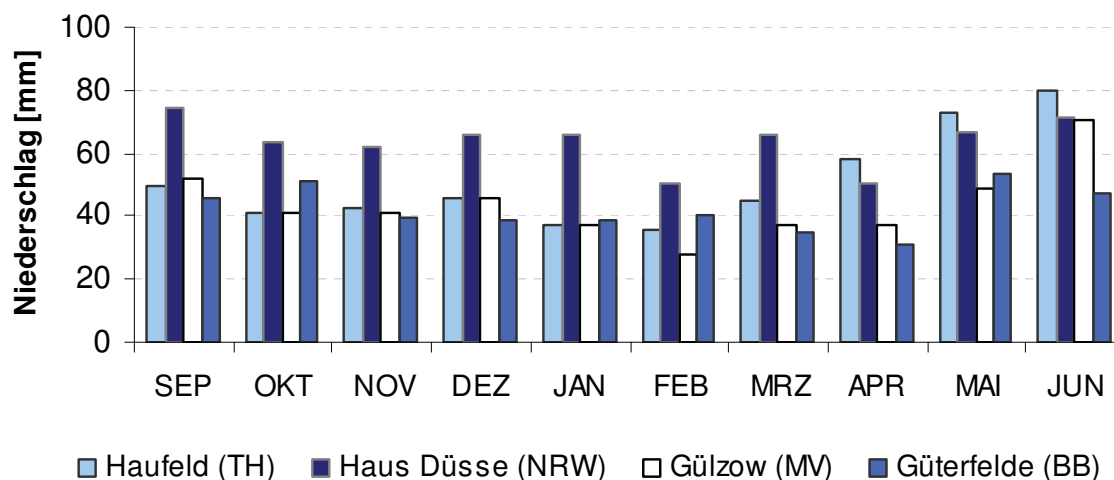


Abbildung 3: Niederschlagsverlauf der vier Standorte während der Vegetationszeit (2008-2011).

I.2.2 Versuchsaufbau und -durchführung

I.2.2.1 Beteiligung der Projektpartner an den einzelnen Teilversuchen

Während die Teilversuche 1, 2.1, und 2.2 von allen Projektpartnern durchgeführt wurden, fand der Teilversuch 3 zu den Getreideartenmischungen nur in Haufeld und Haus Düsse statt (Tab. 3). Im Teilversuch 1 „Sorten- und Sortenmischungen“ wurden je Standort für Wintergerste, -triticale und -roggen je zwei Sorten und deren Mischung untersucht. Im zweiten Teilversuch stand zum einen der Einfluss der Wachstumsregler- und Fungizidintensität auf den Ganzpflanzenertrag der Getreidearten Wintergerste, -triticale und -roggen sowie der Winterroggen-Wintertriticale-Mischung für eine unbehandelte, eine reduzierte und eine optimale Variante im Mittelpunkt der Untersuchungen (2.1).

Tabelle 3: Beteiligung der Projektpartner an den einzelnen Teilversuchen

Versuche	Prüffaktoren ¹	Parzellen	Haufeld	Haus Düsse	Gülzow	Güterfelde
Teilversuch 1 Sorten- und Sortenmischung	Getreidearten Sorten	36 (3*3*4)	✓	✓	✓	✓
Teilversuch 2 2.1. Einsatz von Fungiziden & Wachstumsreglern	Getreidearten Intensität	48 (3*4*4)	✓	✓	✓	✓
2.2. Herbizideinsatz	Getreidearten Intensität	36 (3*3*4)	✓	✓	✓	✓
Teilversuch 3 Artenmischungen	Artenmischung	16 (4*4)	✓	✓	-	-

✓ = Teilnahme; - = keine Teilnahme. ¹ Anzahl der Wiederholungen: 4

Zum Anderen wurde der Einfluss der Herbizidintensität auf den Ganzpflanzenertrag in Wintertriticale, Winterroggen und deren Mischung analog der o. g. Behandlungsstufen: unbehandelt, reduziert und optimal geprüft (2.2). Im Teilversuch 3 erfolgte die Untersuchung der vier Artenmischungen Winterroggen-Wintertriticale, Winterweizen-Wintertriticale, Winterweizen-Winterroggen-Wintertriticale und Winterweizen-Wintergerste-Wintertriticale.

1.2.2.2 Verwendete Getreidesorten

Die Sortenwahl wurde standortabhängig und in Abstimmung mit den anderen Projektpartner möglichst einheitlich gestaltet (Tabelle 4). Mecklenburg-Vorpommern erweiterte den Teilversuch 1 um die Grünschnittroggensorte Vitallo und im Versuchsjahr 2009/2010 zusätzlich um die Wintergerstensorte Anisette.

1.2.2.3 Lagepläne

Detaillierte Darstellungen der jeweiligen Lagepläne, bzw. ortstypischer Besonderheiten der einzelnen Projektpartner sind in deren Teilendberichten im Anhang zu finden (Anlagen 1 bis 4). Alle Teilversuche kamen mit vier Wiederholungen zur Anlage.

Tabelle 4: Sortenwahl

Teilversuch 1				
Getreidesorte \ Standort	TH Haufeld	NRW Haus Düsse	MV Gülzow	BB Güterfelde
WR	Visello, Bellami	Rasant, Conduct	Visello, Conduct, Vitallo	Fugato, Conduct
WG	Fridericus, Highlight	Fridericus, Highlight	Fridericus, Highlight, Anisette	Merilyn, Alinghi
WT	Benetto, SW Talentro	Benetto, Korpus	Benetto, Trigold	Massimo, Trigold
WW	Türkis	Batis	-	-
Teilversuch 2.1.				
WG	Highlight	Fridericus	Highlight	Highlight
WT	Benetto	Benetto	Benetto	Benetto
WR	Bellami	Conduct	Visello	Rasant
WR/WT	Bellami / Benetto	Conduct / Benetto	Visello / Benetto	Rasant / Benetto
Teilversuch 2.2. → siehe Teilversuch 2.1.				
Teilversuch 3				
WR+WT	Visello + Benetto	Rasant + Benetto	–	–
WW+WT	Türkis + Benetto	Batis + Benetto	–	–
WW+WT+WR	Türkis + Benetto + Visello	Batis + Benetto + Rasant	–	–
WW+WT+WG	Türkis + Benetto + Fridericus	Batis + Benetto + Fridericus	–	–

WR = Winterroggen, WG = Wintergerste, WT = Wintertriticale, WW = Winterweizen.

1.2.2.4 Bewirtschaftung

Im Frühsommer 2011 wurden alle Feldversuche erfolgreich abgeschlossen. In den drei Versuchsjahren konnten Aussaat, Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen sowie die Ernte bis auf wenige Ausnahmen an allen Standorten termingerecht stattfinden. Dünger- und Wachstumsreglergaben entsprachen in allen Versuchen jeweils der ortsüblichen Standardvariante gemäß den Erfahrungen der einzelnen Versuchsstandorte. Im Teilversuch 2.1. wurde die unbehandelte Variante (Stufe b1) ortsüblich gedüngt, um die Vergleichbarkeit zu den weiteren Stufen zu gewährleisten. Auch der Pflanzenschutz (Herbizid-, Fungizid- und Wachstumsreglereinsatz) erfolgte ortsüblich. Güterfelde (Brandenburg) setzte als einziger Standort generell keine Wachstumsregler in den Versuchen ein. Details zu den Bewirtschaftungsdaten der einzelnen Standorte sind den Teilendberichten im Anhang (Anlage 1-4) zu entnehmen.

I.2.3 Datenerhebung: Bonituren und Probenahmen

An allen Standorten erfolgte eine Erhebung von umfangreichen Standort- und Witterungsdaten. Die Ertragsentwicklung bzw. der Biomassezuwachs der einzelnen Getreidekulturen wurde im Verbundprojekt anhand von Bonituren (u. a. Bestandeshöhe, Bestandesdichte, Anteil der Mischungspartner) für alle Teilversuche erfasst. Die Bestandesentwicklung lässt sich anhand der dokumentierten Termine zur Aussaat, dem Ährenschieben, der Milchreife und der Ernte nachvollziehen. Qualitative Mängel (Auswinterungs- und Trockenschäden sowie Lager) wurden gegebenenfalls notiert. Jeweils im März fand eine Beprobung des Bodens in Form von Mischproben aus einzelnen Versuchsflächen der jeweiligen Getreidearten statt, um die benötigten Düngermengen (N_{\min} , P, K und Mg) zu berechnen. Zur Kontrolle der Stickstoffversorgung der Versuchsflächen erfolgte vor Aussaat und nach Ernte ebenfalls eine Beprobung des Bodens in den Tiefen 0-30 cm und 30-60 cm in Form von Mischproben je Getreideart. Nach der Ernte wurden die jeweiligen Frisch- und Trockenmasseerträge der einzelnen Kulturen erfasst. Grundlage der Berechnung des Trockenmasseertrages war eine parzellengenaue Bestimmung des jeweiligen TS-Gehaltes. Hierfür wurde repräsentatives Probenmaterial für 24 Stunden bei 105 °C getrocknet. Wie auch in Landessortenversuchen üblich, erfolgte außerdem eine prüfgliedweise Weender/Futtermittelanalyse zur Bestimmung der Inhaltsstoffe (Rohasche, -faser, -protein, -fett und N-freie Extrakte) der Getreideganzpflanzen mit schonend auf Lagerfähigkeit getrocknetem Pflanzenmaterial durch die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). Zusätzlich konnten frei werdende Kapazitäten im Labor der TLL zum Teil für Hohenheimer Biogastests (in Kooperation mit dem EVA-Projekt) verwendet werden. Für die Teilversuche 2.1 und 2.2 wurden die Wirkungsgrade der Pflanzenschutzmittel (Fungizide und Wachstumsregler) bzw. der Herbizide bestimmt. Dazu fanden Bonituren zur Ausprägung von Blatt- und Ährenkrankheiten in den einzelnen Varianten im Teilversuch 2.1 sowie zum jeweiligen Unkrautbedeckungsgrad (im Teilversuch 2.2) statt. Seit dem zweiten Versuchsjahr erfolgte in Randparzellen eine kontinuierliche Beprobung zur Ermittlung des TS-Gehaltes und des Ertragspotenzials. Dazu wurden in Eigenverantwortung zu 3 bis 4 Terminen ab dem Ährenschieben (nach BBCH 49) Probeschnitte von je 1 m² von Wintergerste, -triticale und -roggen jeweils am gleichen Tag und von der gleichen Sorte in 3 Wiederholungen genommen.

Um Aussagen über die Eignung der Kulturen zur Biogasgewinnung treffen zu können, wurde von der Endernte schließlich Methanausbeuten durch das ATB Potsdam-Bornim mittels Batch-Gärtests in ausgewählten Versuchsvarianten gemessen (siehe Anhang 5). Die Datenerfassung erfolgte in Absprache mit allen Projektpartnern in einer Excel-Datentabelle mit einheitlichen Tabellenblättern. Diese werden dem Bericht in Form einer Daten-CD beigelegt. Die statistische Auswertung und Verrechnung der einzelnen Teilversuche erfolgte mit dem Statistik-Paket des Programmes „Sigmaplot 12“ [Systat Software GmbH].

I.3 STAND DER TECHNIK

Ganzpflanzengetreidesilage (GPS) wird in knapp 50 % der Biogasanlagen eingesetzt (Biogasmessprogramm II, 2009), hat laut Betreiberbefragung des DBFZ (2010) einen Anteil von 10,9% am massebezogenen Substrateinsatz nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen und stellt nach Maissilage (72,5%) das bedeutendste Kosubstrat in Biogasanlagen dar (Witt et al., 2011). Aus ökonomischer Sicht stellen die als Ganzpflanze genutzten Wintergetreidearten in Hauptfruchtstellung die beste Alternative zum Silomais dar (Reus und Kornatz, 2011). Dies resultiert vor allem aus den im Vergleich zu Silomais zum Teil sogar geringeren spezifischen Substratkosten (Biogasmessprogramm II, 2009). Ganzpflanzengetreide und Leguminosen-Gräser sind als ergänzende Gärsubstrate in Betracht zu ziehen, weil sie zur Risikostreuung beitragen können und weil i. d. R. von synergistischen Effekten bei einer vielfältigeren Substratzufuhr im Fermenter auszugehen ist (Thoews und Kuhlmann, 2009). Als Ganzpflanzensi-

lage für die Biogasnutzung dominiert derzeit Roggen-GPS, gefolgt von Weizen, Gerste und Triticale (Biogasmessprogramm II, 2009). An der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, insbesondere am Thüringer Zentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TZNR), laufen mittlerweile seit über 15 Jahren Versuche zum Anbau von Ganzpflanzengetreide (Albrecht, 1997; Schreiber et al., 2010). Diese Versuche wurden zur Untersuchung unterschiedlichster Fragestellungen durchgeführt. Während Albrecht (1997) die Eignung von Triticale als Festbrennstoff untersuchte, widmeten sich rezentere Untersuchungen dem Nutzungspfad Biogas. Beispielsweise prüften Schreiber et al. zwischen 2007 und 2009 in Landessortenversuchen die Leistungsfähigkeit verschiedener Wintergerste-, Winterroggen-, Wintertriticale- und Sommerhaferarten zur Ganzpflanzenernte. Strauß et al., (2010) untersuchten die Ertragszuwachs und Methanausbeuten von Ganzpflanzengetreide zu verschiedenen Entwicklungsstadien. Auch im Verbundvorhaben „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ (EVA) wurde Ganzpflanzengetreide als Fruchtfolgeglied geprüft und wird als ertragsstarke und -stabile Kultur für den Praxisanbau empfohlen (Nehring und Vetter, 2009).

I.4 VERWENDETE FACHLITERATUR

- Albrecht, B. (1997). Untersuchungen zur züchterischen Verbesserung von Triticale bezüglich seiner Eignung als Energiepflanze. Eigenverlag der TLL. 35 S.
- Biogasmessprogramm II. Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), FKZ: 22003405. S. 14, 91, 138.
- Döhler, H. und Hartmann, S. (2010). Ohne Mais geht es nicht. Biogas Journal, Sonderheft 2010. S. 40-42.
- Janzing, B. (2010). Durchwachsene Suche nach Alternativen. Biogas Journal, Sonderheft 2010. S. 58-59.
- Laurenz, L. (2010). Getreide-GPS wird künftig größere Rolle spielen. Biogas Journal, Sonderheft 2010. S. 63-66.
- Nehring, A., und Vetter, A. (2009): Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime. Abschlussbericht 2009 Teilprojekt 1. Verbundvorhaben. Gefördert von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR). FKZ: 22002305.
- Reus, D. und Peter Kornatz (2011). Ökonomische Bewertung: Biogassubstrate in Hauptfruchtstellung. Teilprojekt 3 im EVA-Verbund „Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen (<http://www.eva-verbund.de/themen/oekonomie/ergebnisse.html>).
- Schreiber, E., Guddat, C.; Jentsch, U. (2010). Sortenversuche in Thüringen - Wintergerste, Winterroggen, Wintertriticale und Sommerhafer, Ganzpflanzengetreide zur Biogas-gewinnung. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Agrarwissenschaftliche Bibliothek (www.tll.de/ainfo).
- Strauß, Ch., Hengelhaupt, F, Biertümpfel, A.; Rudel, H. (2010). Ertragszuwachs und Methanausbeuten von Ganzpflanzengetreide vom Ährenschieben bis zur Teigreife. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Agrarwissenschaftliche Bibliothek (www.tll.de/ainfo).
- Thoews, T. und Kuhlmann (2009). Ökonomische Bewertung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen. Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), FKZ: 22002505, S. 86.
- Witt, J., et al., (2011). Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), FKZ: 03MAP138, S. 31.

II. ERGEBNISSE

II.1 ERZIELTE ERGEBNISSE

II.1.1 Allgemeine Betrachtungen zur artspezifischen Ertragsentwicklung, Standort- und Witterungseinflüssen sowie Erntezeitpunkten

Die Wintergetreideerträge unterschieden sich an den vier untersuchten Standorten im Verlauf des dreijährigen Versuchszeitraumes in ihrem Ertragsniveau sowie in den jahresbedingten Schwankungen signifikant voneinander (siehe Anhang 6). Wintertriticale besaß tendenziell mit den jeweils höchsten Erträgen in Haufeld, Haus Düsse und Güterfelde unter den getesteten Fruchtarten das größte Ertragspotential (Abbildung 4). Winterroggen war vor allem am Standort Gülzow sowie bei trockener Witterung in Haufeld und Güterfelde (2011) dem Wintertriticale ertraglich überlegen und wies bei Trockenheit stabilere Erträge auf. Die Wintergerste konnte im Einzelfall annähernd das Ertragsniveau von Winterroggen erreichen, war jedoch im Mittel signifikant ertragsschwächer. Haus Düsse stellte sich als ertragsstärkster Standort heraus, gefolgt von Gülzow, Haufeld und Güterfelde.

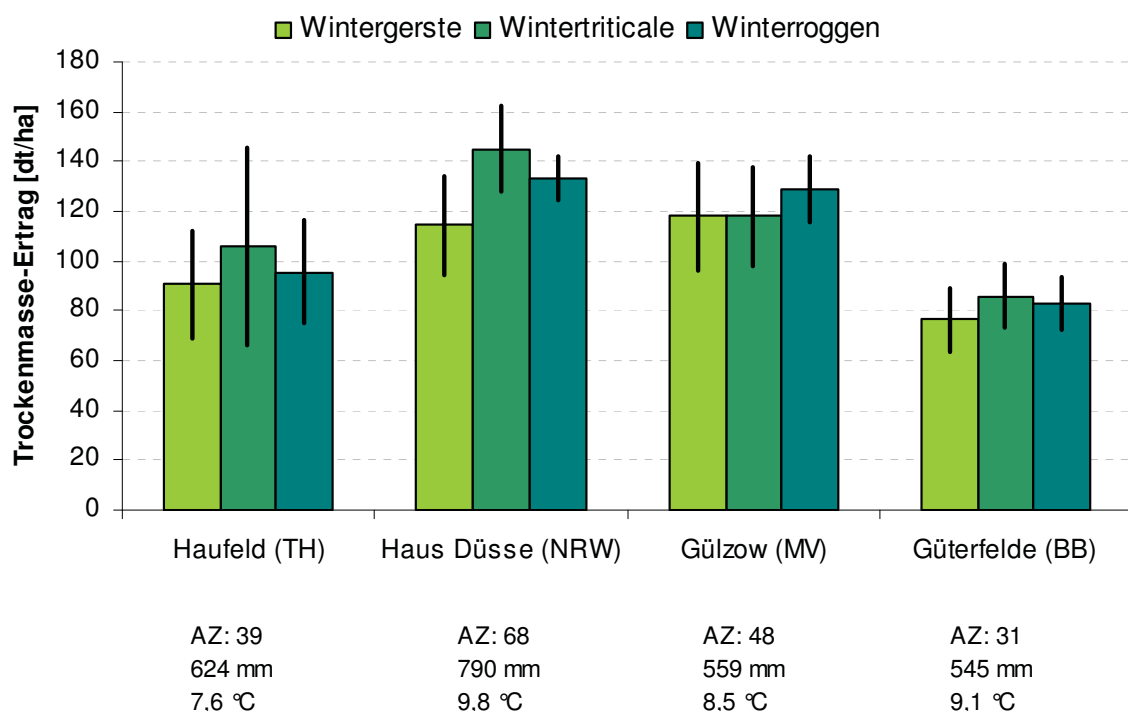


Abbildung 4: Ganzpflanzenerträge in Abhängigkeit von Getreideart & Standort, 2009-2011 (mean \pm s.d., n=12).

Diese Reihenfolge entspricht einer Sortierung der Standorte nach abnehmenden Ackerzahlen und zeigt, dass diese einen ersten Hinweis auf das zu erwartende Ertragspotential von Ganzpflanzengetreide geben können. Die Standorte Güterfelde (alle drei Versuchsjahre) und Haufeld (2011) boten für alle drei Getreidearten die ungünstigsten Bedingungen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass auch der Standort Haufeld bei günstigen Bedingungen (im Jahr 2009) Trockenmasseerträge von bis zu 150 dt TM/ha Wintertriticale sowie 120 dt TM/ha Wintergerste und -roggen zuließ. Die größten Ertragsschwankungen waren in Haufeld und die geringsten in Haus Düsse zu verzeichnen. Vor allem an den schwächeren Standorten verursachten die relativ trocken-warmen Bedingungen im Frühjahr (März, April) des zweiten und dritten Versuchsjahres unterschiedlich stark ausgeprägte Niederschlagsdefizite, wodurch die Kulturen die Bodenwasservorräte schnell aufbrauchten und es zu Trockenstresssituationen kam. In Haus Düsse hingegen wirkte sich dies kaum negativ auf die Erträge aus, da der Standort genügend Bodenwasser speichern konnte. In Haufeld setzte sich die Trockenheit der Vormonate fort und verursachte dort maßgeblich (bis zu 50% Minderertrag) und eingeschränkt auch in Güterfelde (bei TV 2.1) und Gülzow (bei Wintergerste) die niedrigeren Erträge im Ver-

gleich zum Jahr 2009. Die jahresbedingte Witterung hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf den Ganzpflanzengetreideertrag. Beispielsweise war das Versuchsjahr 2011 mit der extremen Frühsommertrockenheit signifikant ertragsschwächer als die Vorjahre 2009 und 2010. Diese witterungsbedingten Ertragsschwankungen sind jedoch in Abhängigkeit vom Standort differenziert zu betrachten (siehe Teilendberichte der Standorte, Anhang 1-4). Auch an der in Abbildung 4 dargestellten Standardabweichung der Erträge wird deutlich, dass auf den flachgründigen Böden die jeweilige Witterung einen deutlich größeren Effekt auf die Ganzpflanzenerträge hatte als auf fruchtbareren Böden in Haus Düsse oder Gülzow, die über ein besseres Wasserhalte- und Nachlieferungsvermögen verfügen. Weiterhin lässt sich an den Fehlerbalken die Schwankungsbreite der Fruchtarten ablesen. Diesbezüglich zeigte Winterroggen deutlich stabilere Erträge als Wintertriticale. Der optimale Erntezeitpunkt ist abhängig von Getreideart, -sorte und den Standort- und Witterungsbedingungen. Er liegt im Normalfall etwa 3 bis 4 Wochen vor der Druschreife von Marktfruchtgetreide. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich das Getreide gewöhnlich in Entwicklungsstadien zwischen dem Ende der Milch- bis Anfang der Teigreife des Korns. Einen besseren Richtwert stellt der Trockensubstanzgehalt des Getreides dar, welcher zwischen 28 und 35 % betragen sollte, um eine optimale Silagequalität zu erreichen. Bei trockenen Witterungsbedingungen kann dieser Zeitpunkt bereits zum Ende der Blüte bzw. Anfang der Milchreife erreicht sein. Trockenheit führte zu einer zügigen Abreife sowie einer deutlich verkürzten optimalen Erntezeitspanne. Dies geschah beispielsweise in Haus Düsse bei der Wintergerste, in Gülzow bei Winterroggen sowie zum Teil auch bei Wintertriticale und deren Mischung und in Güterfelde bei Teilversuch 2.1 (Fungizid- und Wachstumsreglerapplikation), als die Trockensubstanzgehalte zur Ernte zum Teil auf Werte von über 40 % anstiegen. Wintergerste reift tendenziell am frühesten ab (Abb. 5) und kann daher im Mittel der Standorte bereits zwischen Anfang und Mitte Juni geerntet werden. Somit bleibt an einigen Gunststandorten noch genügend Zeit für Zweitfrüchte, sofern eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet ist. Die Ernte von Winterroggen fand meist ab der zweiten Junidekade und von Wintertriticale überwiegend in der zweiten Junihälfte statt. Vereinzelt kann auch eine wesentlich frühere Ernte erforderlich sein. Neben der Fruchtart haben auch der Standort und die jahresbedingte Witterung einen auffällig deutlichen Einfluss auf den Erntetermin. So wurde beispielsweise 2010 an allen Standorten deutlich später als im Vor- oder Folgejahr und in Gülzow stets später als in Güterfelde geerntet.

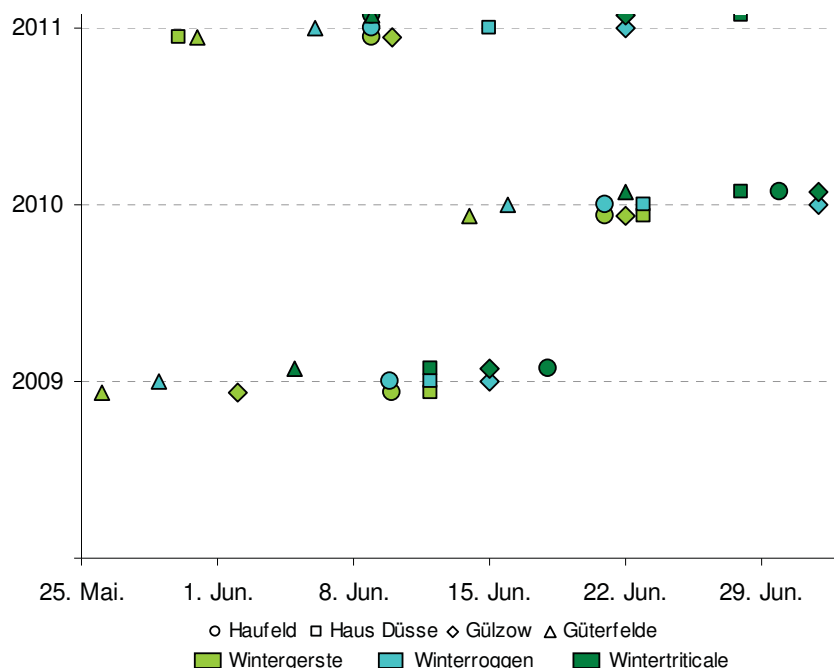


Abbildung 5: Erntezeitpunkte von Ganzpflanzengetreide in Abhängigkeit von Standort, Fruchtart & Versuchsjahr.

II.1.2 Sorten und Sortenmischungen (Teilversuch 1)

Im Verlauf des dreijährigen Versuchszeitraumes wurden an den vier Versuchsstandorten sortenbedingte Ertragseinflüsse in Wintergerste, -roggen und -triticale an je zwei Sorten sowie deren Mischung untersucht. Die Wintergerstenerträge schwankten dabei vor allem standort- und witterungsbedingt. Diese Ertragsschwankungen fielen in Gülzow am geringsten und in Güterfelde und Haufeld am größten aus (Abb. 6). Dort erreichte die Wintergerste im Jahr 2011 beispielsweise lediglich 50 % der Erträge von 2009. In Haus Düse und Gülzow besaß die Wintergerste ein relativ hohes Ertragspotential von ~80 bzw. 100-140 dt TM/ha, während sie in Haufeld und Güterfelde unter ungünstigen Bedingungen lediglich 60 dt TM/ha erzielte.

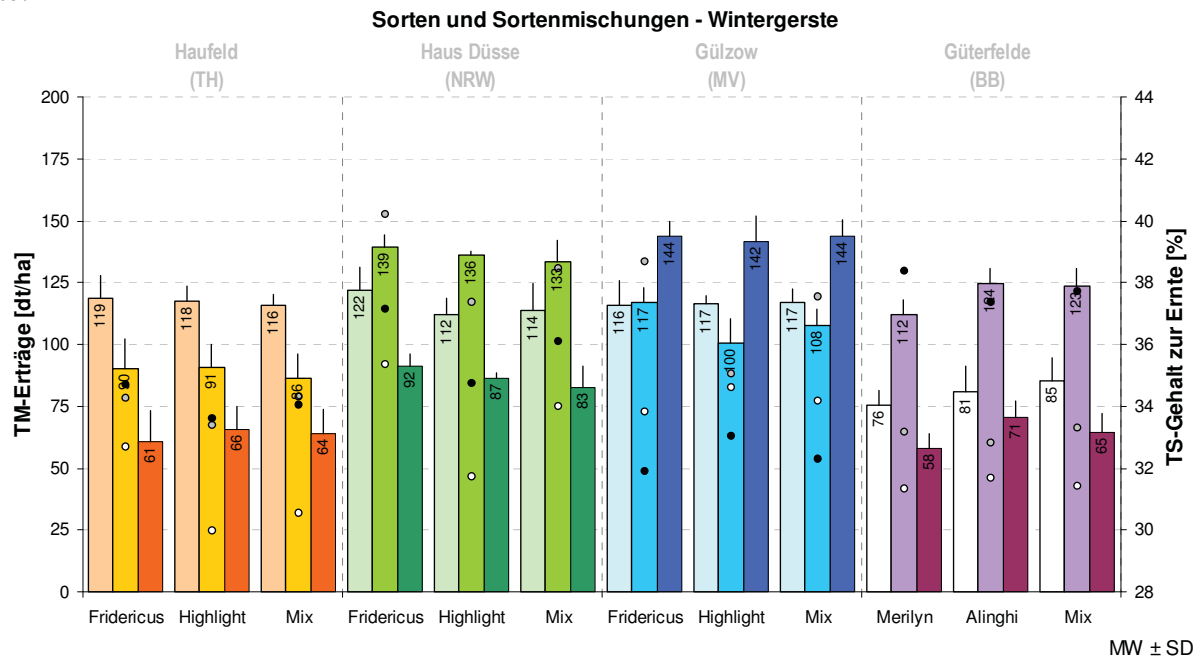


Abbildung 6: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) in den Erntejahren 2009, 2010 und 2011 (von hell nach dunkel) für Wintergerste im Teilversuch 1 – Sorten- und Sortenmischungen (Mittelwert + Standardabweichung).

In Haufeld waren die Bedingungen zur Ganzpflanzenernte von Wintergerste im ersten, in Güterfelde und Haus Düse im zweiten und in Gülzow im dritten Versuchsjahr am günstigsten. *Fridericus* erwies sich anhand höherer TS-Gehalte zur Ernte als früher abreifende, vereinzelt auch ertragreichere Sorte und stellte sich in Haus Düse im Jahr 2009 und in Gülzow im Jahr 2010 als signifikant ertragsstärker im Vergleich zu *Highlight* heraus. Auch in vorangegangenen Untersuchungen von Schreiber et al. (2010) erzielte *Fridericus* zwischen 2007 und 2009 an mehreren Thüringer Standorten stabil überdurchschnittliche Erträge. In Güterfelde war *Alinghi* der Vergleichssorte *Merilyn* im dreijährigen Ertragsmittel um 10 dt/ha überlegen, während in Haufeld und Gülzow keine signifikanten, sortenbedingten Ertragsunterschiede auftraten (Anhang 3). Die günstigsten Bedingungen für Winterroggen lagen in Haus Düse, Gülzow und Güterfelde im zweiten Versuchsjahr vor; in Haufeld wurden 2009 die höchsten Erträge erzielt (Abb. 7). Der jahresbedingte Witterungseinfluss auf den Ganzpflanzenertrag fiel in Haufeld am stärksten und in Haus Düse am geringsten aus. Er war im Winterroggen tendenziell geringer ausgeprägt als in den anderen Wintergetreidearten, was die stärkere Trockenstresstoleranz bestätigt. Das Ertragsniveau war auch beim Winterroggen an den Standorten Haus Düse und Gülzow am höchsten. Unter günstigen Bedingungen konnten Trockenmasseerträge von 120-150 dt/ha realisiert werden. In Gülzow übertraf Winterroggen die Wintertriticaleerträge und war demzufolge sogar die ertragsstärkste Getreideart. Unter ungünstigen Bedingungen bzw. auf schwächeren Standorten wurden Erträge von 90-120 dt/ha, im Trockenjahr 2011 ca. 65-70 dt/ha, erreicht. Sortenbedingte Ertragsunterschiede wa-

ren im Winterroggen im dreijährigen Mittel an keinem der 4 Versuchsstandorte signifikant. Gülzow (MV) prüfte zusätzlich eine weitere Roggensorte, den Grünschnittroggen *Vitallo*. Dieser war im zweiten und dritten Versuchsjahr in der Entwicklung deutlich weiter als die anderen Sorten (+3 % TS), erzielte jedoch nur 2010 signifikante Mehrerträge gegenüber diesen. Zum Erntezeitpunkt hatte er jedoch in 2 von 3 Jahren die optimale Silierreife mit > 40% schon deutlich überschritten und birgt aufgrund seiner erhöhten Lageranfälligkeit ein größeres Risiko. Daher ist er zur Ganzpflanzennutzung nicht zu empfehlen. Die Sortenmischung übertraf 2009 in Güterfelde, 2010 in Gülzow, 2011 in Haus Düsse sowie 2010 und 2011 in Haufeld die Erträge beider Mischungspartner.

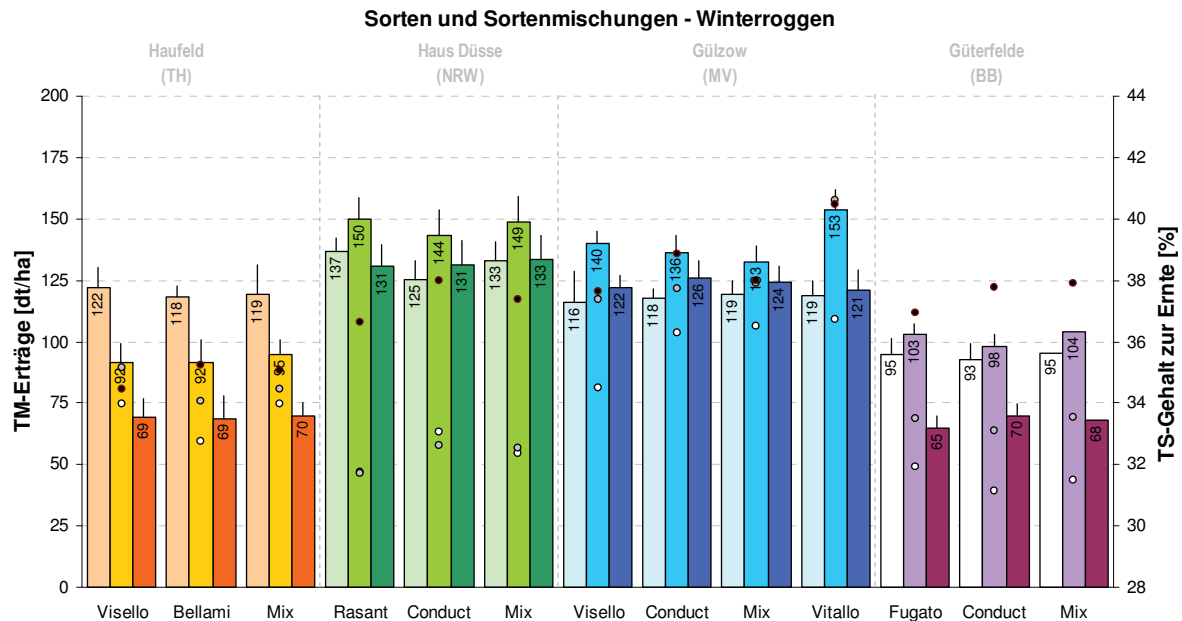


Abbildung 7: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) in den Erntejahren 2009, 2010 und 2011 (von hell nach dunkel) für Winterroggen im Teilversuch 1 – Sorten- und Sortenmischungen (Mittelwert + Standardabweichung).

Die Wachstumsbedingungen für Wintertriticale waren analog zu Winterroggen bis auf den Standort Haufeld im zweiten Versuchsjahr am besten (siehe Abb. 8). Zudem waren in Haufeld witterungsbedingte Ertragsunterschiede zwischen den Versuchsjahren am größten (2009 wurden nur ~40 % des Ertrags von 2011 erreicht). Unter günstigen Bedingungen konnten Trockenmasseerträge von ~150-160 dt/ha realisiert werden; unter ungünstigen Bedingungen bzw. auf schwächeren Standorten erreichte Winter-triticale immerhin 100-120 dt/ha. Bei extremem Wassermangel im Jahr 2011 brachen allerdings die Erträge in Güterfelde und Haufeld noch stärker ein als beim Winterroggen. Sortenbedingte Ertragsunterschiede waren auch bei Wintertriticale in den meisten Fällen nur gering ausgeprägt. In Güterfelde war *Massimo* der Vergleichssorte *Trigold* im dreijährigen Mittel signifikant im Ertrag überlegen. Die an drei Standorten getestete Sorte *Benetto* reifte in Haus Düsse und Gülzow meist deutlich früher ab als die Vergleichssorte (1-4 % höhere TS-Gehalte). Folglich war *Benetto* gegenüber dieser in den meisten Fällen (außer in Haufeld 2009) auch etwas ertragsstärker, erzielte jedoch nur in Gülzow im zweiten Anbaujahr signifikante Mehrerträge. Bei Schreiber et al. (2010) erzielte *Massimo* 2008 und 2009 an allen Versuchsorten die höchsten Trockenmasseerträge und auch *Benetto* lag leicht über dem Sortimentsmittel. Die Triticaleortenmischung übertraf vereinzelt die Erträge der beiden geprüften Sorten im Reinanbau. Generell lagen die Trockenmasseerträge der Sortenmischungen zumeist zwischen denen der jeweiligen Mischungspartner.

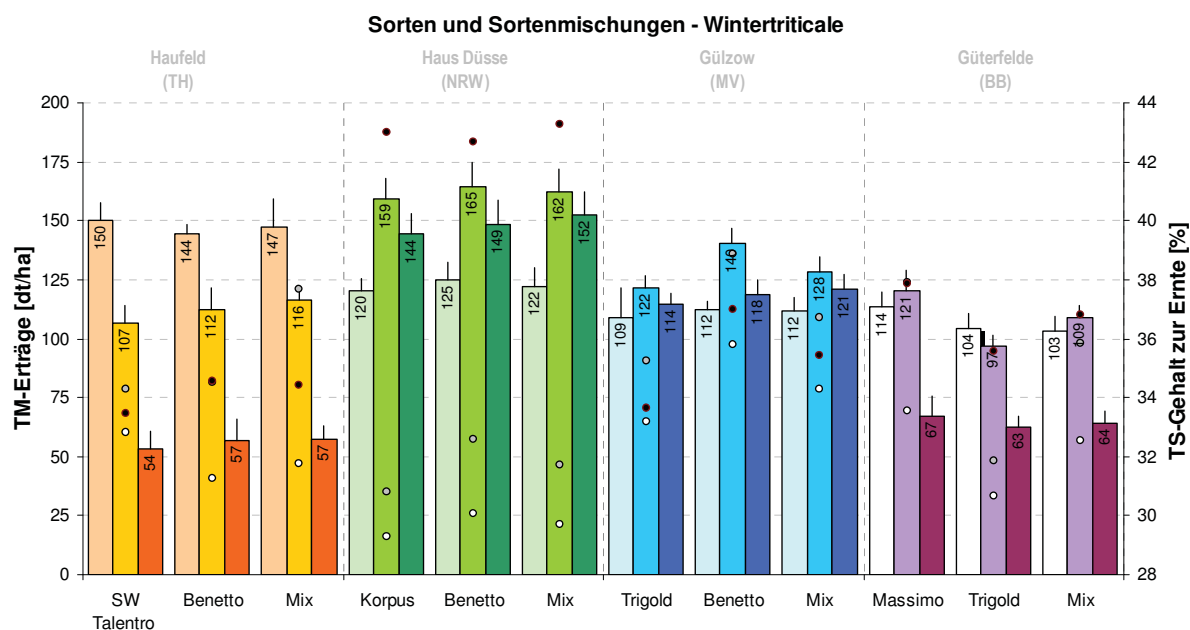


Abbildung 8: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) in den Erntejahren 2009, 2010 und 2011 (von hell nach dunkel) für Wintertriticale im Teilversuch 1 – Sorten- und Sortenmischungen (Mittelwert + Standardabweichung).

II.1.3 Einsatz von Fungiziden und Wachstumsreglern (Teilversuch 2.1)

Im Wintergetreide sind die Pilzkrankheiten Mehltau (*Blumeria graminis*) und Blattflecken (*Rhynchosporium secalis*) in allen Kulturen und Netzflecken (*Drechslera teres*) in Wintergerste an 3 von 4 Standorten sowie Braun- bzw. Zwergrost in Winterroggen und -triticale an 2 von 4 Standorten aufgetreten. Die jeweiligen Krankheitssymptome sind in Abbildung 9 dargestellt. Vereinzelt wurden auch Zwergrost in Wintergerste, DTR (*Helminthosporium tritici-repens*) und *Septoria tritici* in Wintertriticale festgestellt. Ein stärkerer Befall ist (wenn überhaupt) jedoch erst in der letzten Mai- bzw. den ersten Juniwochen, also kurz vor Ganzpflanzenernte, aufgetreten.

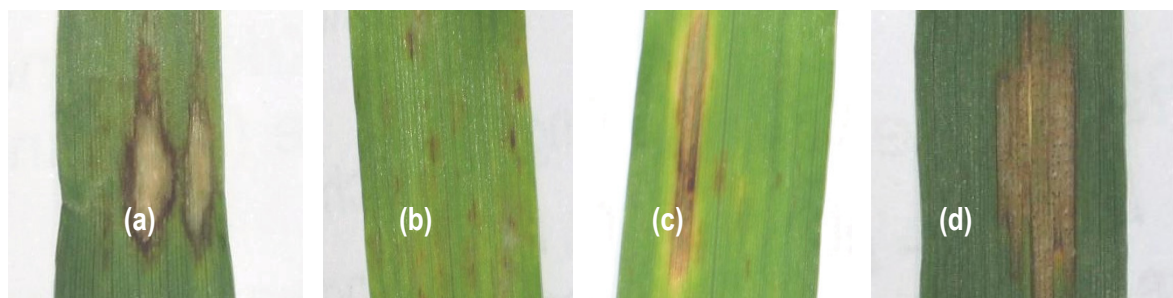


Abbildung 9: Häufig aufgetretene Pilzkrankheiten: (a) *Rhynchosporium secalis* [Blattflecken], (b) *Blumeria graminis* [Echter Mehltau], (c) *Drechslera teres* [Netzflecken]; (d) *Septoria tritici*

Im dreijährigen Mittel über alle Standorte war in den untersuchten Wintergetreidekulturen kein Ertragsvorteil durch Einsatz von Fungiziden und Wachstumsreglern festzustellen (Abb. 10). Sofern Mehrerträge aufgrund dieser Pflanzenschutzmaßnahmen verzeichnet werden konnten, fielen sie geringfügig aus und überschritten nur in drei Fällen 5 dt/ha (Tab. 5). Andererseits war festzustellen, dass die Behandlung mit Fungiziden und Wachstumsregler unter Umständen sogar einen negativen Einfluss auf den Trockenmasse-Ertrag haben kann: dies war im Jahr 2009 in Haufeld und Haus Düsse, im Jahr 2010 in Gülzow und 2011 in Haus Düsse der Fall.

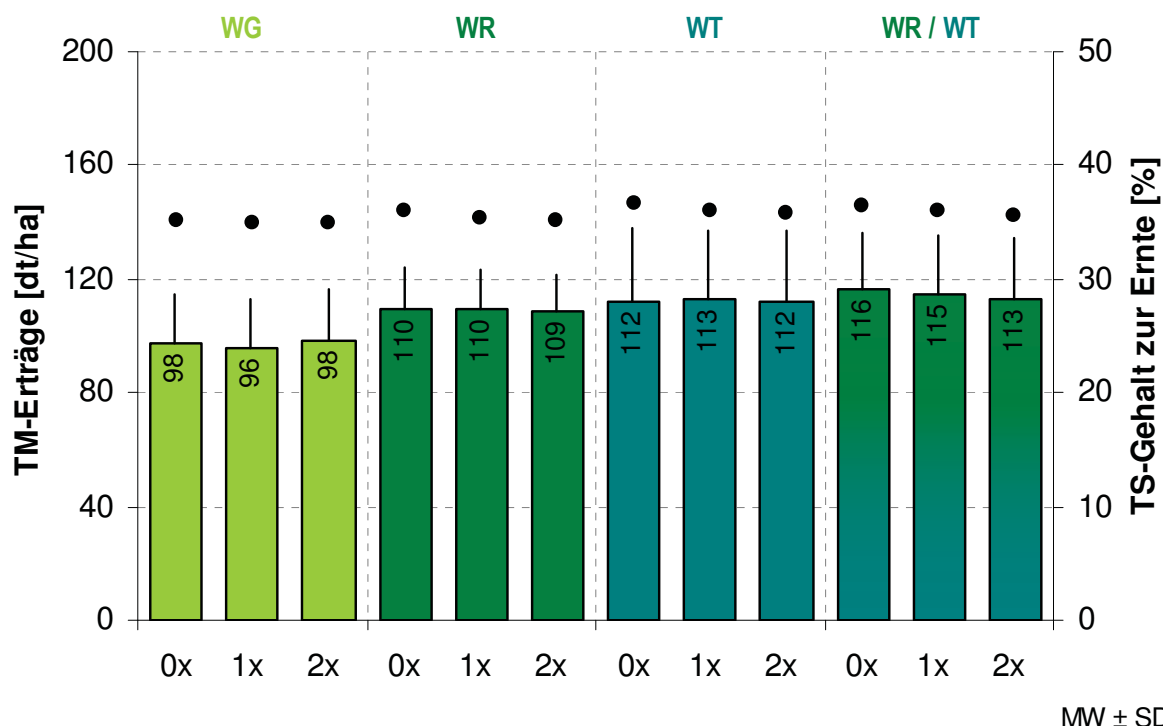


Abbildung 10: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) im Mittel der Versuchsjahre und -standorte im Teilversuch 2.1 –Einsatz von Fungiziden & Wachstumsreglern; WG = Wintergerste, WR = Winterroggen, WT = Wintertriticale.

Tabelle 5: Trockenmasse-Erträge der Fruchtarten [dt/ha] in den einzelnen Versuchsjahren und Standorten in Abhängigkeit der Behandlung mit Fungiziden und Wachstumsreglern (Teilversuch 2.1).

Fruchtart	Standort Behandlung \ Jahr	Haufeld			Haus Düsse		
		2009	2010	2011	2009	2010	2011
Wintergerste	unbehandelt	118,1	87,1	68,3	123,6	134,3	95,7
	reduziert	120,4	88,0	65,9	118,1	133,0	90,5
	optimal	113,7	89,2	68,8	127,5	133,9	90,2
Winterroggen	unbehandelt	123,9	97,3	72,5	124,3	139,8	129,6
	reduziert	123,0	96,2	73,9	121,2	137,2	129,1
	optimal	118,4	98,8	73,9	119,7	137,4	123,9
Wintertriticale	unbehandelt	157,0	103,5	55,4	126,2	165,4	150,5
	reduziert	145,3	121,1	55,2	122,2	161,5	154,1
	optimal	149,9	114,2	55,4	122,1	161,1	150,0
WR / WT	unbehandelt	121,2	109,9	64,4	128,5	162,9	154,3
	reduziert	118,0	104,9	59,0	122,8	161,9	154,4
	optimal	119,9	111,6	56,6	118,7	164,8	151,6
Fruchtart	Standort Behandlung \ Jahr	Güterfelde			Gülzow		
		2009	2010	2011	2009	2010	2011
Wintergerste	unbehandelt	69,6	61,9	59,1	109,2	110,3	136,3
	reduziert	69,1	63,3	60,4	112,2	101,4	128,5
	optimal	73,0	60,6	62,9	112,6	101,2	140,9
Winterroggen	unbehandelt	87,3	83,1	78,3	121,1	146,5	128,2
	reduziert	82,8	81,6	76,9	130,8	149,8	122,9
	optimal	86,1	81,9	78,1	129,1	141,5	130,9
Wintertriticale	unbehandelt	94,0	67,1	68,4	113,4	140,5	107,2
	reduziert	94,3	74,1	70,3	108,9	139,1	111,7
	optimal	97,8	72,1	67,1	112,6	135,0	105,5
WR / WT	unbehandelt	101,6	91,3	67,4	129,5	146,2	116,2
	reduziert	99,9	91,3	68,6	125,8	149,4	119,6
	optimal	99,1	88,8	68,3	131,6	133,4	111,7

Unter den trockenen Bedingungen des zweiten Anbaujahres waren am Mecklenburgischen Standort Gülzow beispielsweise Ertragseinbußen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle festzustellen, welche möglicherweise im Zusammenhang mit der Wachstumsreglerbehandlung stehen. Am ertragsschwachen und oft von Vorsommertrockenheit geprägten Standort Güterfelde (Brandenburg) wird daher bewusst auf Wachstumsregler verzichtet. Im Versuchszeitraum sind kaum Lager in den Beständen aufgetreten. Die Gefahr der Lagerbildung von Ganzpflanzengetreide wird im Vergleich zur Körnerernte als geringer eingeschätzt, da sich das Getreide zur Ganzpflanzenernte noch in der Kornfüllungsphase befindet und die Halme noch biegsam und nicht so brüchig sind. Die Befallsausprägung der Pilzkrankheiten scheint für den Anbau von Ganzpflanzengetreide in den meisten Fällen nicht ertragsrelevant zu sein. Somit decken eventuelle Ertragsvorteile durch Fungizidbehandlung meist auch nicht die Kosten für ihre Ausbringung. Dies wird besonders deutlich, da selbst das feucht-warme Wetter Ende Mai bzw. Anfang Juni des ersten Anbaujahres, welches die Ausbreitung von Pilzkrankheiten begünstigt, erst nach der Getreideganzpflanzenernte zu einem verstärkt auftretenden Pilzbefall führte. Bei Betrachtung der Ergebnisse gilt zu beachten, dass alle Effekte in diesem Teilversuch eine Kombination aus Fungizid- und Wachstumsreglerwirkungen darstellen. So mag auch der ungünstige Zeitpunkt der Wachstumsreglergabe (trockenes und warmes Frühjahr der Jahre 2010 und 2011) seinen Anteil am schlechten Abschneiden der intensiver behandelten Varianten gehabt haben. Vereinzelt wurde durch den Fungizideinsatz ein Greening-Effekt verursacht, welcher zu einer verzögerten Abreife in den behandelten Varianten führte. Einerseits kann dies die Assimilationszeit verlängern und somit die Ertragserwartungen erhöhen, andererseits kann dies nachteilig sein, wenn zeitnah Folgekulturen ausgebracht werden sollen, welchen anschließend weniger Vegetationszeit zur Verfügung steht.

II.1.4 Herbizideinsatz (Teilversuch 2.2)

Im Mittel der Versuchsjahre und -standorte führte, ähnlich dem Fungizid- und Wachstumsreglereinsatz weder ein reduzierter noch optimaler Herbizideinsatz zu messbaren Mehrerträgen (Abb. 11). Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist jedoch zu beachten, dass witterungs-, standort- und artbedingt große Unterschiede in der Herbizidwirkung feststellbar waren.

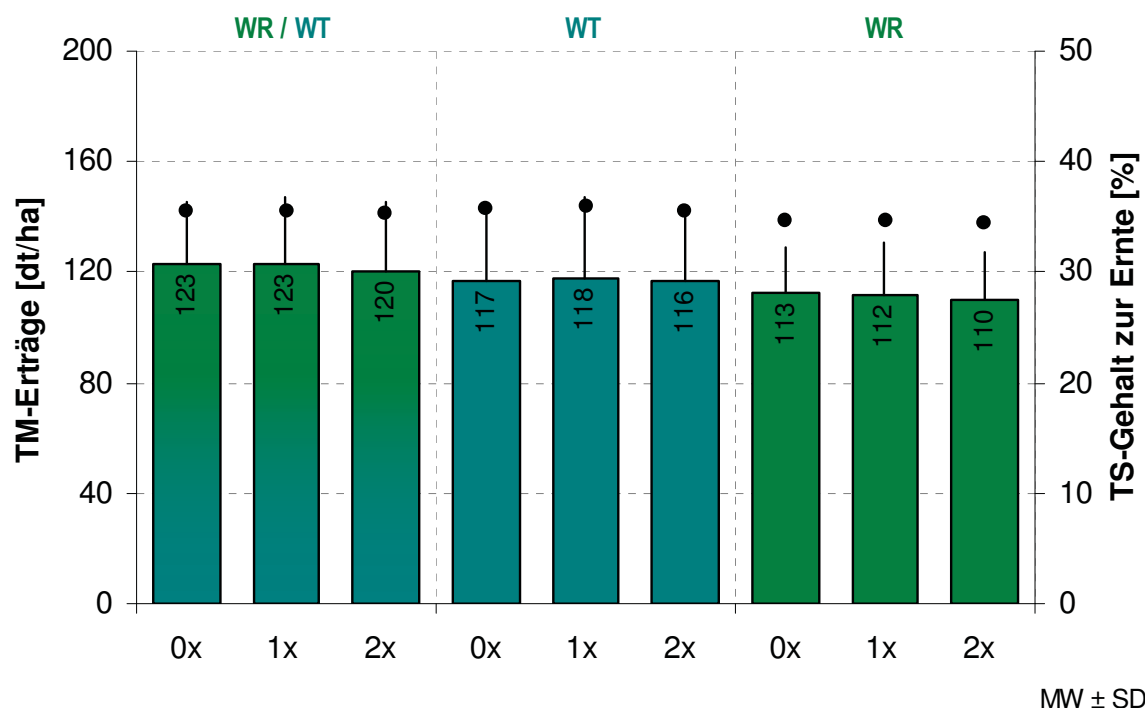


Abbildung 11: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) im Mittel der Versuchsjahre und -standorte im Teilversuch 2.2 – Herbizideinsatz; WR = Winterroggen, WT = Wintertriticale.

Während beispielsweise im Jahr 2009 an allen Standorten teilweise deutliche Ertragsvorteile von mindestens 5 dt/ha auftraten, war dies im Jahr 2010 nur in Haus Düsse (alle Fruchtarten) und Güterfelde bei Winterroggen sowie 2011 nur in Haufeld beim Winterroggen der Fall. Auch im Jahr 2009 traten artbedingte Unterschiede in der Herbizidwirkung je nach Standort auf. Während in Haus Düsse ein Herbizideinsatz bei allen getesteten Fruchtarten Mehrerträge bewirkte, konnte dies in Haufeld nur bei Wintertriticale, in Güterfelde bei Winterroggen und in Gülzow bei der Artenmischung festgestellt werden. Da vor allem im Versuchsjahr 2009 die Herbizidbehandlung einen positiven Ertragseffekt zeigte, ist zu vermuten, dass die Konkurrenzkraft von Unkräutern besonders zum Tragen kommt, wenn die Böden ausreichend niederschlagsversorgt sind.

Bei Trockenstress können Herbizide eine gegenteilige Wirkung zeigen und die Kulturen zusätzlich schwächen oder gar schädigen. Dies scheint im Jahr 2010 in Gülzow bzw. 2011 in Gülzow und Haus Düsse der Fall gewesen zu sein (Tab. 6). Besonders im zweiten und dritten Versuchsjahr waren kaum bzw. nur in Einzelfällen Mehrerträge bei Herbizideinsatz in den Parzellenversuchen zu verzeichnen. Bereits 2009 deutete sich an, dass ein reduzierter Herbizideinsatz bei spät einsetzendem Unkrautdruck nicht zwangsläufig negative Auswirkungen auf den Ganzpflanzenertrag haben muss, zumal auch Ackerunkräuter silierbar sind.

Tabelle 6: Trockenmasse-Erträge der Fruchtarten [dt/ha] in den einzelnen Versuchsjahren und Standorten in Abhängigkeit der Behandlung mit Herbiziden (Teilversuch 2.2).

	Standort Behandlung \ Jahr	Haufeld			Haus Düsse		
		2009	2010	2011	2009	2010	2011
WR / WT	unbehandelt	119,4	121,7	73,9	127,3	149,1	154,3
	reduziert	122,5	120,4	64,4	126,8	151,0	154,4
	optimal	114,4	119,0	59,0	137,7	165,6	151,6
Wintertriticale	unbehandelt	139,0	109,2	43,9	129,0	150,5	148,9
	reduziert	149,0	110,8	52,3	123,7	163,3	141,9
	optimal	139,9	108,9	51,0	134,5	165,9	142,0
Winterroggen	unbehandelt	119,2	94,0	62,6	128,6	130,6	133,3
	reduziert	116,8	93,4	71,5	123,3	128,2	133,9
	optimal	107,8	93,1	69,5	135,0	138,9	130,2
	Standort Behandlung \ Jahr	Güterfelde			Gülzow		
		2009	2010	2011	2009	2010	2011
WR / WT	unbehandelt	106,6	121,6	74,4	145,2	163,0	121,9
	reduziert	107,9	123,1	74,9	157,7	157,5	120,3
	optimal	102,8	119,3	73,7	155,8	145,5	103,6
Wintertriticale	unbehandelt	108,8	116,8	71,1	134,8	138,8	112,9
	reduziert	106,6	118,4	69,5	138,9	138,7	101,2
	optimal	106,3	119,8	72,1	133,1	126,8	97,7
Winterroggen	unbehandelt	81,0	105,0	68,3	139,2	160,3	130,9
	reduziert	86,5	112,6	70,2	136,8	161,9	105,8
	optimal	84,0	110,9	66,4	142,5	139,3	104,7

Auf den untersuchten Flächen gehörten vorrangig Ackerstiefmütterchen (*Viola arvensis*), Ehrenpreis (*Veronica spec.*), Erdrauch (*Fumaria officinalis*), Klettenlabkraut (*Galium aparine*), Rote Taubnessel (*Lamium purpureum*) und Vogelmiere (*Stellaria media*) zu den typischen Ackerunkräutern (Abb. 12). In Güterfelde traten ebenfalls verstärkt Klatschmohn (*Papaver rhoeas*) und Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*) auf. Hinzu kamen Acker-Hundskamille (*Anthemis arvensis*) und Windhalm (*Apera spica-venti*) in Gülzow sowie Kamille (*Matricaria chamomilla*) in Haus Düsse. An mehreren Standorten waren vereinzelt Ausfallkulturen der Vorjahre zu finden (z.B. Raps oder Wintergerste). Sofern Unkräuter erst im geschlossenen Bestand und/oder vereinzelt auftraten, spielten sie eine untergeordnete Rolle. Bei massivem Unkrautauflaufen im Herbst ist eine Herbizidbehandlung notwendig, um die Bestandes-

etablierung nicht negativ zu beeinträchtigen. In jedem Falle ist das auftretende Unkrautspektrum zu beachten. Gräser, wie z.B. Ackerfuchsschwanz und Windhalm sind aufgrund einer dem Getreide ähnlichen Physiologie problematischer einzustufen als zweikeimblättrige Unkräuter. Es wird vermutet, ist aber anhand des Versuchsdesigns nicht endgültig geklärt, ob die GPS-Ernte positive Auswirkungen auf den Herbizideinsatz in Folgekulturen hat.



Abbildung 12: Typische Herbstunkräuter (von links oben nach rechts unten): Rote Taubnessel (*Lamium purpureum*), Ackerstiefmütterchen (*Viola arvensis*), Vogelmiere (*Stellaria media*), Erdrauch (*Fumaria officinalis*), Ehrenpreis (*Veronica spec.*), Klettenlabkraut (*Galium aparine*).

II.1.5 ARTENMISCHUNGEN (TEILVERSUCH 3)

Unter den Getreideartenmischungen erzielte die Winterroggen/-triticale-Mischung in allen drei Versuchsjahren und an beiden Standorten die höchsten Trockenmasse-Erträge (Abb. 13). Im Vergleich zu den Reinsaaten sind in den Artenmischungen in mehreren Fällen Synergieeffekte aufgetreten, so dass beispielsweise die Winterroggen-Wintertriticale-Mischung in Haus Düsse (NRW) in allen drei Versuchsjahren und in Haufeld (TH) im zweiten Versuchsjahr deutlich über dem Reinertrag des stärkeren Mischungspartners lag. So erzielte diese Mischung beispielsweise in Haus Düsse im ersten Versuchsjahr 104% gegenüber Winterroggen (Rasant: 137 dt/ha), im zweiten Versuchsjahr 105% gegenüber Wintertriticale (Benetto: 165 dt/ha) und im dritten Versuchsjahr 108% gegenüber Wintertriticale (Benetto: 149 dt/ha).

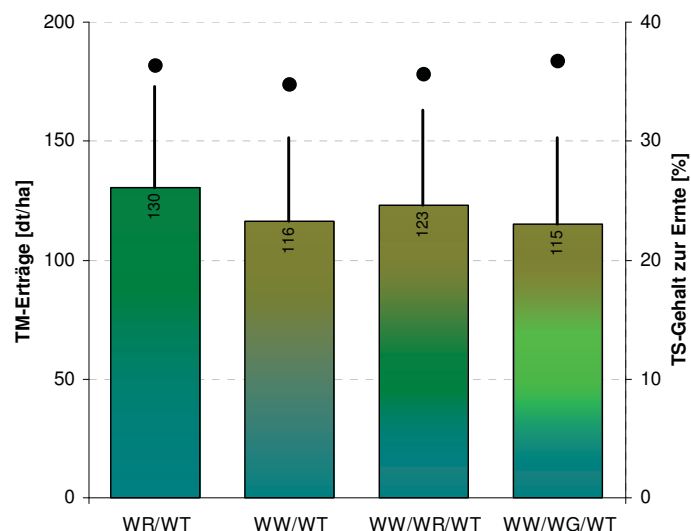


Abbildung 13: Darstellung der Trockenmasseerträge (Balken) und Trockensubstanzgehalte (Punkte) im Mittel der Versuchsjahre und der beiden Standorte Haufeld und Haus Düsse für die Artenmischungen im Teilversuch 3.

In Haufeld wurde im zweiten Versuchsjahr 104% gegenüber Wintertriticale (Benetto: 112 dt/ha) erreicht. Im ersten Versuchsjahr in Haufeld lag der Ertrag dieser Artenmischung mit 2 dt/ha immerhin knapp über dem gemittelten Ertrag der beiden Einzelkulturen. Das Ertragspotential der Artenmischungen wird noch deutlicher, wenn man diese mit dem jeweils schwächeren Mischungspartner vergleicht, dessen Trockenmasseerträge sie in der Regel um ca. 25 dt/ha (also ~20 %) übertrafen. Lediglich 2011 in Haufeld schnitt die Mischung schwächer ab als ihre Mischungspartner. Im ersten Versuchsjahr lieferte die Winterweizen/-triticale-Mischung in Haufeld ein ähnlich gutes Ergebnis wie die Winterroggen/-triticale-Mischung, jedoch bei langsamerer Abreife und so- mit ca. 3% niedrigeren TS-Gehalten. Im zweiten und dritten Versuchsjahr wurde deutlich, dass die späte Entwicklung und Abreife des Weizens eher negativ auf den Ertrag wirkte. Auch in Nordrhein-Westfalen war die Winterroggen-Wintertriticale-Mischung ertragsstärker als die Winterweizen-Wintertriticale-Mischung (sie reifte allerdings auch deutlich schneller ab). Die Artenmischungen mit drei Mischungspartnern erreichten in Haufeld nur 90 bzw. 94% der Winterroggen/-triticale-Mischung. Dies veranschaulicht mögliche Probleme von Artenmischungen, da bei drei Mischungspartnern meist stärkere Entwicklungs- und Abreifeunterschiede auftraten, so dass nicht alle Partner ihr volles Ertragspotential ausschöpfen können bzw. sich später entwickelnde Mischungspartner von den Frühen unterdrückt werden. Im Versuchsjahr 2011 deutete sich an, dass sich die einzelnen Mischungspartner auf flachgründigen Böden (Haufeld) bei extremer Trockenheit auch gegenseitig das für zufrieden stellende Erträge nötige Wasser entziehen können. Auf ausgeprägten Trockenstandorten ist dies bei der Fruchtartenwahl zu berücksichtigen. Weitere Beispiele zu oben beschriebenen Synergieeffekten der Winterroggen/-triticale-Mischung gegenüber ihren Mischungspartnern finden sich im Teilversuch 2.1 in Güterfelde sowie Teilversuch 2.2 in Gülzow. Obwohl von den Mischungen nur teilweise die Erträge des stärkeren Mischungspartners erreicht bzw. übertroffen werden, zeigt dieser Versuch welches Potential im Anbau von Artenmischungen steckt.

II.1.6 Futtermittelanalytik (Weender-Analyse), Bestimmung der Inhalts- und Nährstoffe

Zur Beurteilung des Nährwertes der jeweiligen Ganzpflanzengetreidechargen und zur Bewertung deren Qualität als Biogassubstrat wurden Frischmasseproben im Labor mittels klassischer Weenderanalyse (entsprechend dem Methodenbuch Band 3 der VDLUFA, 2007) untersucht. Dabei waren die Rohnährstofffraktionen Rohfett (XL), Rohprotein (XP), Rohfaser (XF), N-freie Extraktstoffe (NfE) sowie Rohasche (XA) zu bestimmen. Als Bezugsgröße der einzelnen Fraktionen diente jeweils die Gesamttrockensubstanz (TS). Die Analyseergebnisse (Abb. 14) offenbaren nur geringe Schwankungen in den Fraktionen Rohfett (1,3-2,1 % Anteil an der TS), Rohprotein (7,0-9,2% a. d. TS) und Rohasche (3,7-5,3 % a. d. TS), welche lediglich um ca. 1-2 % schwankten.

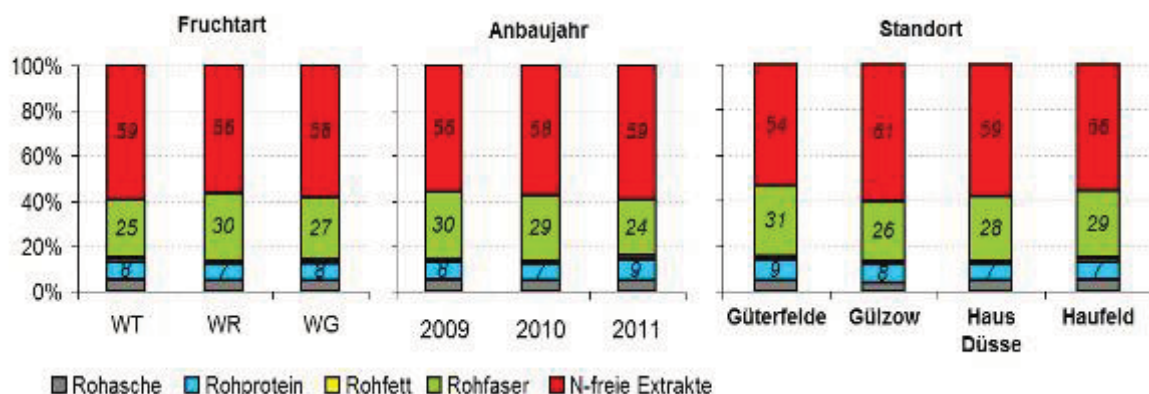


Abbildung 14: Einfluss von Fruchtart, Anbaujahr und Standort auf die inhaltstoffliche Zusammensetzung der Biomasseproben. Dargestellt ist der prozentuale Anteil [Median] der einzelnen Fraktionen an der Gesamttrockensubstanz der Frischmasseproben.

Größere Unterschiede waren im Anteil der unlöslichen, Struktur bildenden Fraktion der Kohlenhydrate (Rohfaser) im Verhältnis zur löslichen Fraktion der stickstofffreien Extrakte zu verzeichnen. Zum Beispiel besaß Winterroggen im Vergleich zu den beiden anderen Fruchtarten einen höheren Rohfaseranteil. Deutliche Unterschiede im Rohfaseranteil wurden auch zwischen den einzelnen Anbaujahren festgestellt (2011 im Vergleich zu 2009 und 2010). Schließlich enthielten die Proben der besseren Standorte einen höheren Anteil löslicher Kohlenhydratfraktionen als die Proben aus Haufeld und Güterfelde. Aufgrund der unterschiedlichen Kohlenhydratzusammensetzung ist eine genauere Betrachtung der einzelnen Fraktionen anhand der erweiterten Weenderanalyse lohnenswert. Hierbei werden Zellinhaltsstoffe und Zellwandbestandteile getrennt und nochmals fraktioniert nach Zuckern, Stärke, Pektinen und organischem Rest, Hemizellulosen, Zellulosen und Lignin (Abb. 15). Dabei werden Unterschiede in der Zusammensetzung der einzelnen Kohlenhydratfraktionen zwischen Fruchtarten, Anbaujahren und Standorten ersichtlich. Lediglich der Ligninanteil der Proben unterscheidet sich kaum, bei allen anderen Fraktionen gibt es zum Teil deutliche Unterschiede. Beispielsweise hat Winterroggen einen höheren Zelluloseanteil als Wintertriticale und Wintergerste. Dieser Anteil Gerüst bildender Substanz war 2009 im Vergleich zu den Folgejahren und in Güterfelde gegenüber den anderen Standorten besonders hoch.

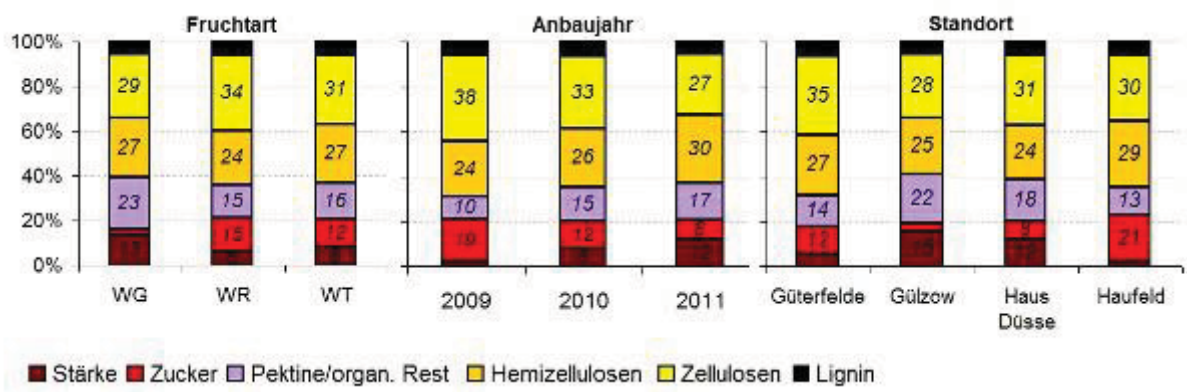


Abbildung 15: Einfluss von Fruchtart, Anbaujahr & Standort auf die Kohlenhydratzusammensetzung in den Biomasseproben. Dargestellt ist der prozentuale Anteil [Median] einzelner Fraktionen an der Trockensubstanz.

Die Pektinfraktion (organischer Rest) war bei Wintergerste, in den trockeneren Jahren 2010 und 2011 sowie an den Standorten Gülzow und Haus Düsse besonders groß. Sie dient unter anderem einer strukturellen Verfestigung (Primärwandaufbau) sowie der Wasserregulation. Lösliche Zucker lassen auf eine erhöhte Zellaktivität bzw. Umlagerung von Kohlenhydraten schließen. Sie waren häufiger in Winterroggen und -triticale, im Jahr 2009 und an den ertragschwächeren Standorten Haufeld und Güterfelde zu finden, während Speicherstärke vermehrt in Wintergerste, im Jahr 2011 sowie in Gülzow und Haus Düsse auftrat. Bei genauerer Betrachtung einzelner Nährelemente aus der Rohaschefraktion (Abb. 16) wird deutlich, dass sich Phosphor, Magnesium, Schwefel und Kalzium ähnlich der Gesamtaschefraktion kaum zwischen Fruchtarten, Anbaujahren und Standorten unterschieden. Beim Stickstoff traten witterungs- und standortbedingte Schwankungen im Anteil an der Gesamttrockenmasse auf, beim Kalium waren in dieser Hinsicht hauptsächlich standortbedingte Unterschiede festzustellen.

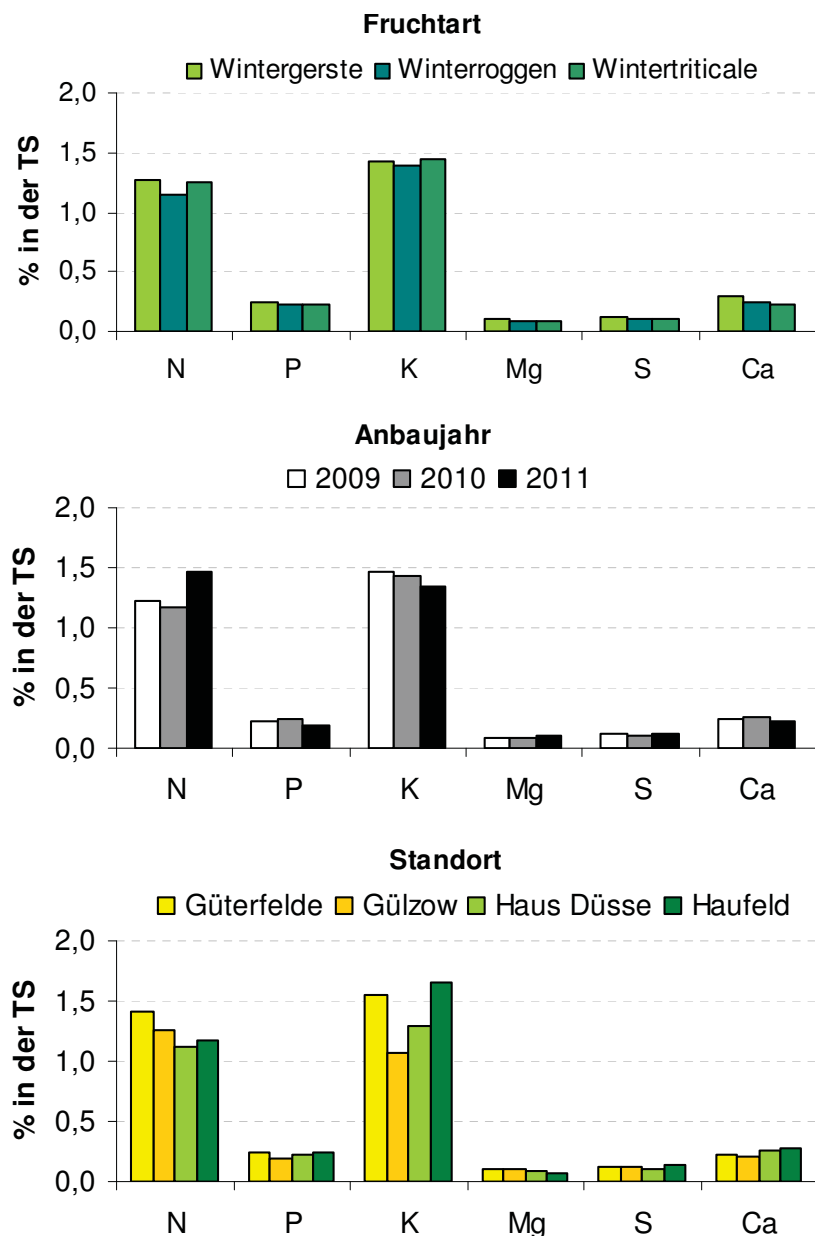


Abbildung 16: Einfluss von Fruchtart, Anbaujahr und Standort auf die Nährstoffzusammensetzung der Biomasseproben. Dargestellt ist der prozentuale Anteil [Median] der Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg), Schwefel (S) und Kalzium (Ca) an der Gesamttrockenmasse.

II.1.7 Methanausbeuten, Methangehalte und daraus resultierende Hektarerträge

Methanhektarerträge stellen ein wichtiges Kriterium für die Bewertung der Qualität von Biogassubstraten dar. Sie ergeben sich aus dem Produkt aufgewachsener Trockenmasse-Erträge sowie spezifischer Methanausbeuten und Methangehalte der Substrate. Da die Trockenmasseerträge der einzelnen Ganzpflanzengetreidesorten, Arten und deren Mischungen bereits in den vorangehenden Abschnitten behandelt wurden und sich die Methangehalte einzelner Substrate im Mittel kaum unterschieden (53-56 %), soll in diesem Abschnitt vorwiegend auf spezifische Methanausbeuten eingegangen werden. Diese wurden anhand von ausgewählten Frischmasseproben über Batch-Gärtests vom Leibniz-Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim (ATB) ermittelt. Während bei Reinsaat deutlichere Unterschiede zwischen einzelnen Getreidearten festzustellen waren (Abb. 17), erreichten Artenmischungen im Mittel der Versuchsjahre und Standorte nahezu identische Methanausbeute von ca. 315-320 Normlitern Methan je kg organischer Trockenmasse (Nl CH₄/kg oTS).

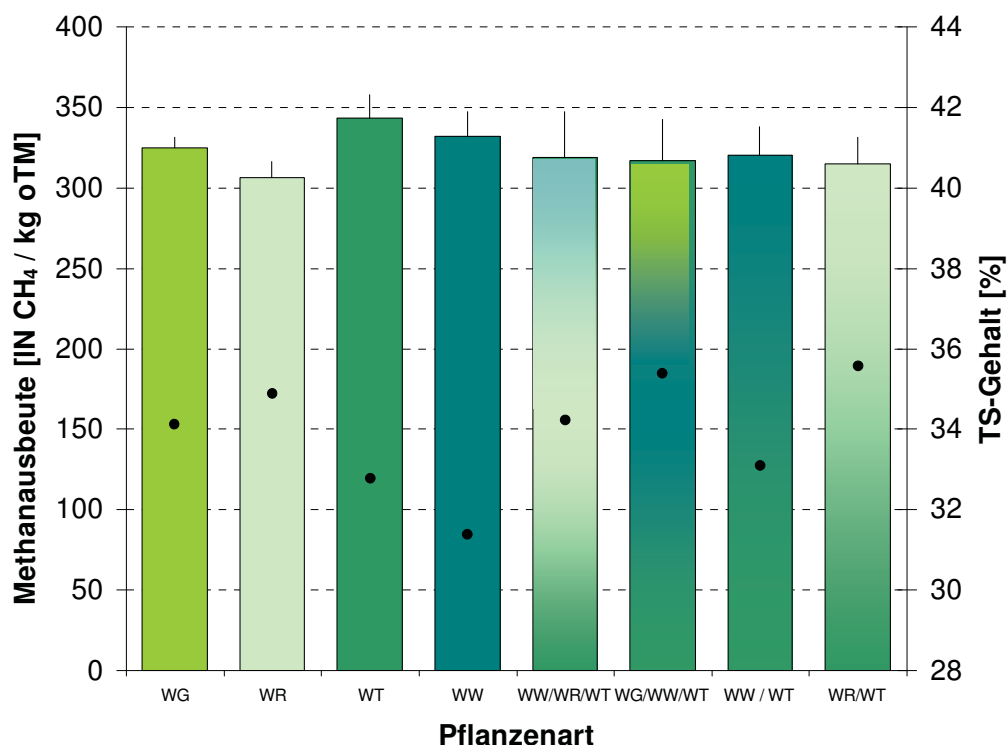


Abbildung 17: Abhängigkeit der Methanausbeuten & Trockensubstanzgehalte von der jeweiligen Wintergetreideart bzw. -mischung an zwei Standorten (Haufeld und Haus Düsse) nach 3 Versuchsjahren

Lediglich die Winterroggen-Wintertriticale-Mischung erreichte etwas geringere Ausbeuten von ca. 305 NI CH₄/kg oTS. Unter den Reinsaaten wurden im Mittel beider Standorte und Jahre die höchsten Methanausbeuten für Wintertriticale und Winterweizen gemessen (345 bzw. 330 NI CH₄/kg oTS), gefolgt von Wintergerste (325 NI CH₄/kg oTS). Einzig der Winterroggen übertraf nur knapp die 300 NI CH₄/kg oTS. Die Ergebnisse der Artenmischungen sind etwas differenzierter zu betrachten. Hinsichtlich der Methanausbeuten war zwar keine eindeutige Vorzugsmischung zu identifizieren, allerdings bestanden diesbezüglich zwischen beiden Standorten deutliche Unterschiede. Am Thüringer Standort Haufeld wurden stets um ca. 10-15 % höhere Methanausbeuten, also ~30-45 NI Methan je kg oTS mehr, gemessen als am Nordrhein-Westfälischen Standort Haus Düsse. Diese Unterschiede bestanden auch beim Vergleich von Rein- und Mischsaaten. Während in Haufeld mit den Artenmischungen zumindest ähnlich hohe Methanausbeuten wie bei den Reinsaaten erzielt wurden, fielen deren Methanausbeuten in Haus Düsse gegenüber den Reinsaaten teilweise ab. Die Ursachen dieser Standortunterschiede sind jedoch nicht endgültig geklärt. Geringere Methanausbeuten sind nicht unbedingt auf höhere Trockensubstanzgehalte und eine damit verbundene, fortgeschrittene Abreife zurückzuführen (Abb. 18). In dieser Darstellung wird deutlich, dass sich dieser Zusammenhang (außer beim Winterweizen) nicht ableiten lässt. Aus den ermittelten Trockenmasse-Erträgen, spezifischen Methanausbeuten und -gehalten wurden letztendlich Methanhektarerträge abgeleitet, welche zusätzliche Informationen über die Flächeneffizienz der einzelnen Substrate liefern. Analog zu den Trockenmasseerträgen zeichnen sich auch bei den Methanhektarerträgen sowohl jahresbedingte als auch standortbedingte Unterschiede ab. Beispielsweise wurden in Haufeld (Thüringen) im ersten Versuchsjahr (2009) die höchsten und im dritten Jahr (2011) die niedrigsten Methanhektarerträge gemessen, während in Haus Düsse (Nordrhein-Westfalen) die Methanhektarerträge im zweiten und dritten Versuchsjahr höher waren als im ersten.

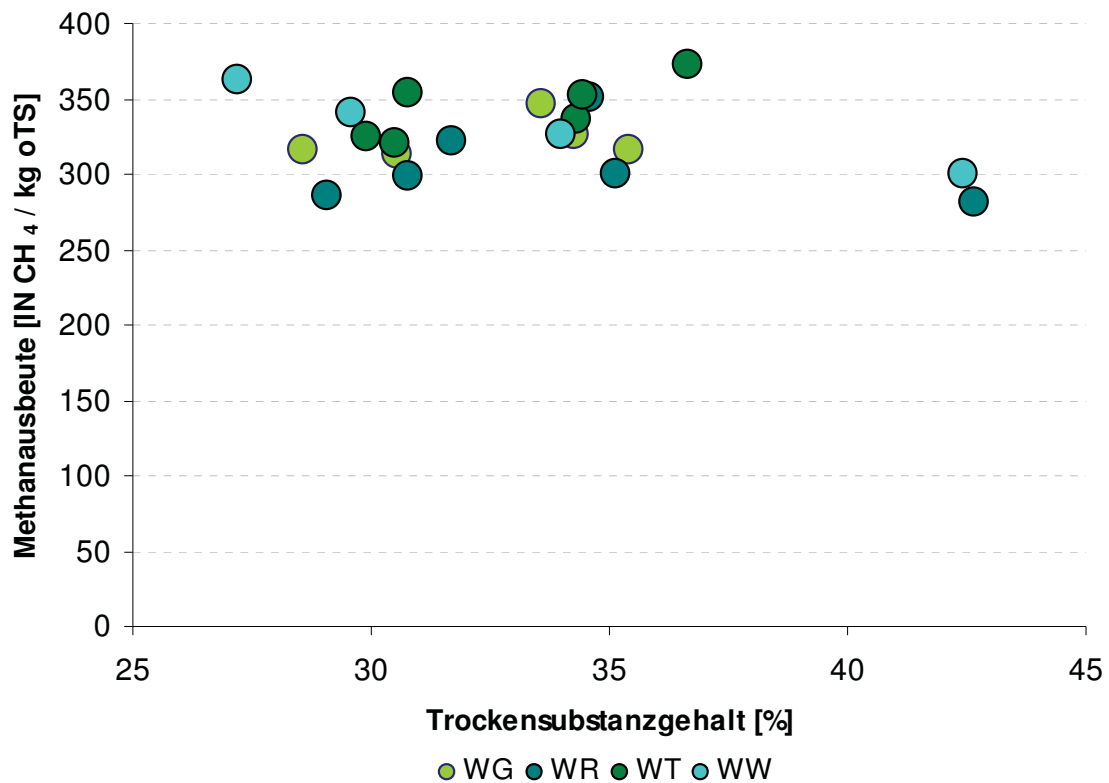


Abbildung 18: Einfluss des Trockensubstanzgehalts der einzelnen Fruchtarten auf deren Methanausbeuten

Neben diesen standort- und witterungsbedingten Einflüssen lassen sich unter den Reinkulturen auch artbedingte Unterschiede feststellen. So lieferte Wintertriticale mit über 4.000 m³ Methan je ha im Mittel der Jahre und Standorte die höchsten Methanhektarerträge, gefolgt von Winterweizen, -roggen und -gerste (Abb. 19).

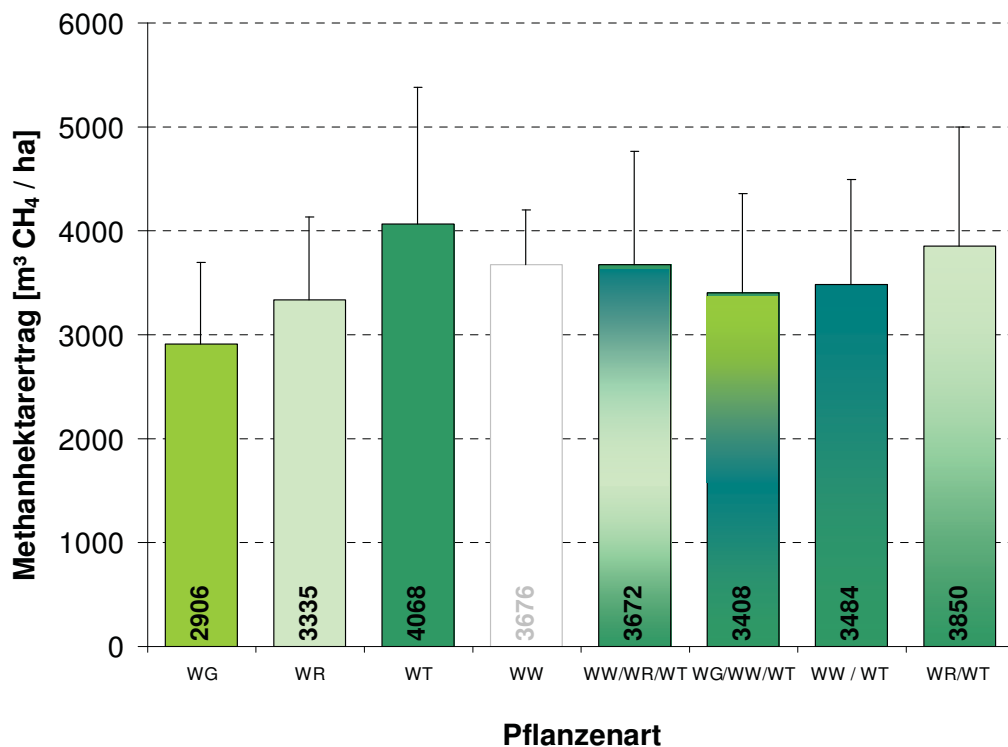


Abbildung 19: Einfluss der jeweiligen Wintergetreideart bzw. -mischung auf den Methanhektarertrag. Mittelwerte aus 3 Versuchsjahren und den beiden Standorten Haufeld (TH) und Haus Düsse (NRW).

Hinsichtlich der Angaben zu Winterweizen ist zu ergänzen, dass diese auf Schätzungen aus Randparzellen resultieren (da im Versuchsplan als Reinkultur nicht mit eingeplant) und daher lediglich als Anhaltspunkt dienen sollten. Bei den Artenmischungen werden artspezifische Unterschiede zwischen Mischungspartnern stärker kompensiert. Dennoch waren alle Mischungen in Haufeld (Thüringen) methanertragsstärker als die Reinkulturen Wintergerste und Winterroggen. In Haus Düsse (NRW) erreichten nur die Winterweizen-Winterroggen-Wintertriticale- und die Winterroggen-Wintertriticale-Mischung mit Winterroggen in Reinkultur vergleichbare Methanhektarerträge. Tendenziell übertraf die Winterroggen-Wintertriticale-Mischung die Methanerträge der anderen Mischungen. Im Herbizidversuch fielen die Unterschiede in den Methanausbeuten zwischen den Herbizidbehandlungen sehr gering aus (Tab. 7). Sowohl bei der Artenmischung als auch bei der Roggenreinsaat konnten die Herbizidbehandlungen in den Parzellenversuchen lediglich zu einer geringfügigen Steigerung der Methanausbeute beitragen. Einerseits waren die Versuchspartzen in den Jahren 2009 und 2010 nicht besonders stark verunkrautet, andererseits tragen auch diese Beikräuter zum Methanertrag bei und senken die Methanausbeute in den unbehandelten Kontrollen ohne Herbizidbehandlung nicht wesentlich ab. Im Versuchsjahr 2011 wurde daher aus Kostengründen auf eine weitere Untersuchung der Methanausbeuten im Herbizidversuch verzichtet.

Tabelle 7: Methanausbeuten [NI CH₄ / kg oTS] in Abhängigkeit von Fruchtart und Herbizidbehandlung.

HERBIZID-INTENSITÄT		Haufeld (TH)			Haus Düsse (NRW)		
Fruchtart	Herbizidbehandlung	2009	2010	Ø	2009	2010	Ø
WR	0%	297,4	289,2	293,3	287,7	289,1	288,4
WR	50%	307,2	292,2	299,7	301,9	301,8	301,9
WR	100%	298,2	290,8	294,5	289,4	315,1	302,3
WR / WT	0%	303,0	283,7	293,4	318,1	280,7	299,4
WR / WT	50%	323,8	284,6	304,2	293,4	291,9	292,7
WR / WT	100%	320,5	297,1	308,8	292,2	295,2	293,7

II.1.8 ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNG

Die **Standortwahl**, die jahresbedingte **Witterung** und auch die **Getreideart** hatten einen signifikanten Einfluss auf den Ganzpflanzengetreideertrag und sind demzufolge nicht zu vernachlässigende Faktoren für einen erfolgreichen Ganzpflanzengetreideanbau. Standortparameter wie z.B. die Ackerzahl können einen Hinweis auf die zu erwartenden Ganzpflanzenerträge liefern. Bei kontinuierlicher Wasserversorgung lassen sich aber auch auf flachgründigen Standorten (z.B. Haufeld) ansprechende Ganzpflanzengetreideerträge erzielen. Da der Zeitpunkt und die Verteilung der Niederschläge jedoch ungewiss ist, sollte an sandigen oder flachgründigen Standorten mit deutlich stärkeren Ertragsschwankungen als auf besseren Standorten mit ausreichend Bodenwasservorräten gerechnet werden. Unter diesen Bedingungen bietet sich besonders der Anbau von Winterroggen an, welcher dem Wintertriticale bei Trockenheit im Ertragsniveau und in der Ertragssicherheit überlegen ist. Auf ausreichend wasserversorgten Standorten ist hingegen Wintertriticale tendenziell die ertraglich stärkste Wintergetreidekultur. Im Mittel der Standorte und Jahre erreichten Wintertriticale und Winterroggen signifikant höhere Erträge als Wintergerste (Anhang 6); diese besitzt jedoch den Vorteil der frühen Abreife. Somit bleibt auf Gunststandorten mit ausreichender Wasserversorgung genügend Zeit für Zweit- oder Zwischenfrüchte. Standort, Witterung und Fruchtart beeinflussen neben dem Ganzpflanzengetreideertrag auch den **Erntezeitpunkt**. Trockenwarme Frühjahrswitterung beschleunigt aufgrund der negativen klimatischen Wasserbilanz die Abreife und verkürzt somit die optimale Erntezeitspanne. Bei derartig ausgeprägter Trockenheit ist ein Anstieg des Trockensubstanzgehaltes im Ganzpflanzengetreide von über 1 % pro Tag möglich, so dass sich die optimale Erntezeitspanne (von 2 bis 3 Wochen) auf weniger als eine Woche verkürzen kann (Güterfelde, siehe Anhang 3). Unter diesen Bedingungen ist eine gut durchgeplante Erntelogistik notwendig, da anderenfalls nicht alle Ganzpflanz-

zenpartien zum optimalen Erntezeitpunkt mit Trockensubstanzgehalten von 28-35 % beerntet werden können.

Im Vergleich zu Standort, Witterung und Kulturart zeigte die **Sortenwahl** einen nur in begrenztem Umfang auftretenden, in Ausnahmefällen signifikanten, Einfluss auf den Ganzpflanzenertrag. Zumeist waren Ertragsunterschiede zwischen verschiedenen Sorten geringer als 5 dt/ha. Im Mittel der Versuchsjahre wurden in Haus Düsse bei Wintergerste und in Güterfelde bei Wintergerste und -triticale zwischen den beiden getesteten Sorten signifikante Ertragsunterschiede festgestellt (Anhang 6). In Güterfelde erzielte die Wintergerstensorte *Alinghi* im Mittel der 3 Versuchsjahre einen signifikanten Mehrertrag von 10 dt/ha gegenüber *Meryllyn*. Ein ähnlicher Ertragsvorteil wurde an diesem Standort für die Wintertriticalesorte *Mas-simo* dokumentiert, welche im Vergleich zur Sorte *Trigold* signifikant ertragsstärker auftrat. Die Wintergerstensorte *Fridericus* war an mehreren Standorten und Versuchsjahren ertragsstärker als *Highlight* und reifte auch schneller ab als diese, ein signifikanter Mehrertrag konnte jedoch nur vereinzelt festgestellt werden. Beim Winterroggen traten im Dreijahresmittel keine signifikanten Sortenunterschiede auf. In der Abreife (TS-Gehalte) zeigten die Sorten zum Teil signifikante Unterschiede, welche sich letztendlich jedoch nur selten im Ertrag niederschlugen. Die Versuche veranschaulichen, dass hinsichtlich der Sortenwahl beim Anbau von Ganzpflanzengetreide weiterhin reichlich Forschungsbedarf besteht, da bereits der Vergleich von zwei Sorten je Getreideart vereinzelt deutliche Ertragsunterschiede offenbarte. Um den jeweiligen Standortgegebenheiten gerecht zu werden, sollten möglichst in allen Bundesländern Überlegungen zur Etablierung von Sortenversuchen für den GPS-Getreideanbau angestellt werden.

Pflanzenschutzmaßnahmen zeigten bis auf einzelne Ausnahmen in den Parzellenversuchen weder in Teilversuch 2.1 (Fungizid- und Wachstumsreglerbehandlung), noch in Teilversuch 2.2 (Herbizidbehandlung) einen signifikanten Ertrags Einfluss. Vielmehr führte die **Fungizid- und Wachstumsreglerbehandlung** bei ungünstigen Bedingungen, wie z. B. Trockenstress, sogar zu signifikanten Ertragseinbußen. Ein Fungizideinsatz ist daher aufgrund des frühen Erntezeitpunktes außer bei starkem Pilzbefall im frühen Entwicklungsstadium in den meisten Fällen unwirtschaftlich. Ein Anbau frühreifer Wintergersten- und -roggensorten kann aufgrund des frühen Erntetermins präventive und phytosanitäre Vorteile bringen, da die Intensität des Befalls durch Pilzkrankheiten möglicherweise noch nicht erheblich ist. Auf Gunststandorten bleibt somit ausreichend Zeit für eine termingerechte Etablierung von Folgekulturen (Zweitfrüchte, Sommerzwischenfrüchte). Wachstumsreglergaben sollten von Witterung, Standort, Art- und Sortenwahl abhängig gemacht werden. Sie sollten jedoch zur Gewährleistung der Standfestigkeit (vor allem im Winterroggen und Wintertriticale) außer bei extremer Trockenheit bzw. auf ertragsschwachen Böden oder extrem dünnen Beständen erfolgen. Beispielsweise wird am zu Frühsommertrockenheit neigenden Standort Güterfelde in Brandenburg aufgrund der trockenen Bedingungen ortsüblich auf Wachstumsregler verzichtet, da diese eher kontraproduktiv wirken könnten.

Auch der **Herbizideinsatz** zeigte in Parzellenversuchen in den meisten Fällen keinen positiven Effekt auf den Trockenmasse-Ertrag. Lediglich am Standort Haufeld in Jahr 2011 bei Wintertriticale sowie am Standort Haus Düsse im Jahr 2010 bei Winterroggen konnte ein signifikanter Ertragszuwachs durch Herbizidbehandlung nachgewiesen werden. Hingegen waren am Standort Gülzow in mehreren Jahren und Fruchtarten signifikante Ertragseinbußen aufgrund der Herbizidbehandlung zu verzeichnen. Dies zeigt zum einen die Standort- und Witterungsabhängigkeit der Herbizidwirkung. Zum anderen wurden Ertragseinbußen vor allem bei optimaler Behandlung (zwei Termine: Herbst und Frühjahr) festgestellt. Folglich kann bei Trockenstress im Frühjahr die Herbizidwirkung unter Umständen auch negativ auf die Fruchtarten selbst wirken. In Praxis wird ein Herbizideinsatz im Herbst empfohlen, da unter Umständen mit stärkerer Verunkrautung als in komfortabel bewirtschafteten Parzellenversuchen zu rechnen ist. Der frühe Erntetermin von Ganzpflanzengetreide kann weiterhin

vorteilhaft sein, da zu diesem Zeitpunkt einige Ackerunkräuter ihre Samenreife noch nicht erreicht haben.

Neben den Pflanzenschutzmaßnahmen können letztendlich auch **Artenmischungen** zur Risikostreuung und Ertragsstabilisierung beitragen, da sie Ertragsvorteile gegenüber den einzelnen Mischungspartnern aufweisen. Im Vergleich der verschiedenen Artenmischungen schnitt die Wintertriticale-Winterroggen-Mischung am besten ab. Ihre Trockenmasseerträge übertrafen in mehreren Fällen die Erträge der beiden Mischungspartner. Eine Mischung hat offenbar das Potenzial, annuelle Ertragsunterschiede aufgrund schlechter Bedingungen zu puffern, sie weist ein hohes Ertragspotential auf und kann den Trockenstress besser kompensieren als der Reinanbau.

Für die Nutzung von Ganzpflanzengetreide als Kosubstrat in Biogasanlagen spielen neben den Biomasse-Erträgen natürlich auch die **Methanausbeuten** und daraus resultierend die Methanhektarerträge eine wichtige Rolle. In den durchgeführten Batch-Gärversuchen erreichte Wintertriticale unter den Reinsaatn die höchsten Methanausbeuten, gefolgt von Wintergerste und Winterroggen. Da die Methangehalte zwischen den Getreidearten kaum Unterschiede aufwiesen, ergab sich hinsichtlich der Methanhektarerträge die gleiche Reihenfolge.

II.2 VERWERTUNG

Das vorliegende, vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Verbraucherschutz über die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe geförderte, Ganzpflanzengetreideprojekt (2008-2011) liefert neue Erkenntnisse hinsichtlich möglicher Pflanzenschutzmitteleinsparungen sowie Aussagen zur relativen Vorzüglichkeit einzelner Wintergetreidearten und geeigneter Artenmischungen in Abhängigkeit vom Standort. Diese Erkenntnisse wurden und werden auch zukünftig in Vorträgen, Veranstaltungen und Veröffentlichungen der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt. In dem Projekt wurde der Arbeits- und Finanzierungsplan durch die einzelnen Projektpartner stets eingehalten. Dies schuf die Grundlage für einen reibungslosen Versuchsablauf und die Basis für eine gemeinsame zukünftige Zusammenarbeit. Besonders der Austausch zwischen den einzelnen Partnern bei den Projekttreffen in Haus Düsse (NRW) im Januar 2009, in Güterfelde (BB) im Januar 2010 und in Dornburg (TH) im Januar 2011 führte zu Anregungen bezüglich eines optimierten Versuchsaufbaus (z. B. Erarbeitung eines einheitlichen Versuchsplanes), Bewirtschaftung der Versuchsflächen, Gewinnung zusätzlicher Informationen und Daten (z. B. Quadratmeterschnitte, Entwicklung der Trockensubstanzgehalte) sowie Ideen bezüglich möglicher, ergänzender Fragestellungen für potenzielle Folgeprojekte. Alle zu erledigenden Maßnahmen und Bonituren wurden von den Projektpartnern planmäßig und zeitnah durchgeführt, so dass eine solide, gemeinsame Basis für die zukünftige Zusammenarbeit entstanden ist. Bei der Bearbeitung der einzelnen Fragestellungen des Projektes wurden einzelne, interessante Teilaspekte, wie zum Beispiel Fröhsaat, reduzierte Saatstärken, früh betonte Düngung oder Untersaaten angesprochen, welche nur mit veränderter Versuchsfragestellung hinreichend zu beantworten sind. Aus diesem Grund werden in einem Folgeprojekt in den nächsten drei Jahren die Variation von Saatstärken und Saatterminen sowie verschiedene N-Düngungsvarianten untersucht. Die geplanten Versuche tragen dazu bei, das Anbauverfahren, welches sich bisher im Wesentlichen an der Marktfruchtgetreideproduktion orientiert, stärker an die Ganzpflanzengetreideproduktion anzupassen und bestenfalls auch Produktionsmittel (z.B. Saatgut- und Düngemittelkosten) einzusparen. Mit dem Zwischenfruchtanbau lassen sich zudem problematische Entwicklungen des Energiepflanzenanbaus ausgleichen und somit bedeutende Ökosystemfunktionen (Humusproduktion, Agrobiodiversität) erfüllen.

II.3 ERKENNTNISSE VON DRITTEN

Die „Energetische Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen“ ist ein Forschungsziel der Bundesrepublik Deutschland (gefördert über das Förderprogramm „Nachwachsende Rohstof-

fe“ des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz). Demzufolge steht die Biomasseforschung im Zentrum des Interesses zahlreicher aktueller Forschungsvorhaben, welche den Forschungsschwerpunkt 1 „Optimierung der Energiepflanzenproduktion unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien“ verfolgen. Vor allem die Ergebnisse des komplexen Verbundprojektes „EVA“ (Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime) ergänzen Erkenntnisse zum Anbau von Ganzpflanzengetreide für die nicht an diesem Projekt beteiligten Standorte. Anhand der Ergebnisse des EVA-Projektes wurden Anbauempfehlungen zum Anbau von Ganzpflanzengetreide für die Biogasproduktion in den einzelnen Bundesländern jeweils in einer Beratungsbroschüre „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ zusammengefasst.

II.4 VERÖFFENTLICHUNGEN

Bisher erfolgten folgende Veröffentlichungen zu den Projektergebnissen:

- BISCHOF, R. Ganzpflanzengetreide als ergänzendes Biogassubstrat. <http://www.tll.de/ainfo>
- BISCHOF, R. Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Ganze Pflanzen statt Mais. In: Thüringer Bauernzeitung 51 (2010) 16, S. 29-31
- BISCHOF, R. Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Optimaler Erntetermin für Ganzpflanzengetreide. In: Thüringer Bauernzeitung 51 (2010) 19, S. 9
- BISCHOF, R. Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Effektiver Pflanzenschutz für Ganzpflanzengetreide. In: Thüringer Bauernzeitung 51 (2010) 44, S. 24
- BISCHOF, R. Die Landesanstalt für Landwirtschaft empfiehlt: Abreife entscheidet über die Ganzpflanzengetreideernte. In: Thüringer Bauernzeitung 52 (2011) 21, S. 8.
- BISCHOF, R. Die Landesanstalt für Landwirtschaft informiert: Anbau von Wintergetreide zur Ganzpflanzenutzung. In: Thüringer Bauernzeitung 52 (2011) 33, S. 8.
- BISCHOF, R. Ein Getreide, zwei Varianten: Ganzpflanzen-Nutzung von Triticale als Futterpflanze und Biogassubstrat, unterschiedliche Niveaus der Bestandesführung. Bauernzeitung (52), 33. KW (2011), S.22-23.
- BISCHOF, R. Nachhaltiger Ganzpflanzengetreideanbau für die Biogasproduktion. Tagungsband, S.86-88. 13. Internationale wissenschaftliche Tage der Karoly Robert Hochschule am 29./30.03.2012 in Gyöngyös (Ungarn).
- BISCHOF, R., A. NEHRING. Pflanzenbau aktuell: Weniger Herbizide möglich. In: Thüringer Bauernzeitung 50 (2009) 43, S. 9.
- BISCHOF, R.; A. VETTER. Optimierung des Anbauverfahrens Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogaserzeugung. In: Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen (2011) 2, S. 132-134.
- BISCHOF, R.; A. VETTER. Optimierung des Anbauverfahrens Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogaserzeugung. In: Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen (2012) 4, S. 120-122.
- BISCHOF, R., G. BARTHELMES, G. EBEL, A. GURGEL, A. HORSTMANN, A. VETTER. Posterbeitrag: „Optimierung des Anbauverfahrens Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischung für die Biogasproduktion“ auf dem 3. Symposium Energiepflanzen des BMELV in Berlin am 02.-03.11.2011. <http://www.fnr.de/energiepflanzen2011/>
- BISCHOF, R., A. BIERTÜMPFEL, E. SCHREIBER. Beitrag „Ganzpflanzengetreide“ im Kapitel 2: „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“ der Beratungsbroschüre Thüringen „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ (Herausgeber: FNR, Juni 2012).